

EFFECTOS DE DIFERENTES FUENTES DE CALCIO EN MELOCOTONES (*Prunus pérsica* L. Batsch).

Reginaldo Báez-Sañudo, Rosalba Troncoso-Rojas, Elsa Bringas-Taddei, Javier Ojeda-Contreras y Ana Ma. Mendoza-Wilson.

*Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Tecnología de Alimentos de Origen vegetal.
Carr. a La Victoria Km. 0.6 (Apdo. Postal 1735). Hermosillo, Sonora. México.
Tel./Fax (+52)(62) 80-04-22 e-mail rbaez@cascabel.ciad.mx*

INTRODUCCIÓN

Desde hace algunos años, muchos investigadores han centrado su interés en el calcio, debido al papel tan importante que juega este ión en el mantenimiento de la calidad de las frutas y hortalizas.

Existen evidencias que el calcio tiene efectos benéficos como el retardo de la senescencia y el control de desórdenes fisiológicos como la mancha corchosa, mancha amarga, rompimiento y decaimiento interno por las bajas temperaturas y el corazón blando de la manzana, pudrición del pedúnculo en aguacate y ablandamiento de mangos con períodos cortos de almacenamiento, (Shear, 1975; Bangerth, 1979; Drake y Spayd, 1983; Conway, 1987; Perring y Pearson, 1987).

Los iones calcio son mensajeros intracelulares importantes en las plantas. Varios aspectos fisiológicos de la célula se ven influenciados por los cambios en la estructura de la pared celular, permeabilidad en las membranas y activación enzimática, las que a su vez se ven alteradas por la presencia de calcio que es transportado por medio de la calmodulina. Recientes evidencias experimentales sugieren que ciertas funciones celulares son reguladas parcialmente por el calcio y la calmodulina (Poovaiah, 1986).

Estudios de senescencia de hojas y madurez de fruto han indicado que frecuentemente la senescencia depende del nivel de calcio en el tejido, y que debido al incremento de los niveles de éste, se alteran varios parámetros como la respiración, el contenido de clorofila, proteína y la fluidez de la membrana (Sams y Conway, 1984; Poovaiah, 1986).

Aplicaciones de calcio en frutas

Los tratamientos o aplicaciones se pueden realizar tanto en pre como en postcosecha. Las aplicaciones en postcosecha no son efectivas para controlar los desórdenes que ocurren en el árbol y pueden causar daños en la fruta a ciertos niveles (Drake y Bramlage, 1983).

Por otro lado, las aplicaciones realizadas en precosecha son muy utilizadas, aunque es necesario hacer varias aplicaciones para obtener buenos resultados y ello implica mayor costo

(Drake y Bramlage, 1983; Perring, 1979; Glenn y Poovaiah, 1985).

Se ha menciona que las aspersiones en precosecha necesitan ser aplicadas repetidamente a lo largo de las etapas de crecimiento Johnson (1979). Sin embargo, el riesgo de dañar a las hojas y frutas limita la concentración de sales que pueden utilizarse en cada aplicación. La absorción de calcio es alta cuando se utilizan concentraciones altas de calcio en solución, pero en la práctica, el riesgo de daño por quemaduras o fitotoxicidad limita la relación de aplicación. Además, la incorporación de un adherente o surfactante puede aumentar la velocidad inicial de absorción, pero no necesariamente el calcio total absorbido (Mason y cols., 1974).

Las aspersiones de calcio en forma de cloruros, nitratos y cal hidratada, reducen la incidencia de manchas en manzanas Jonathan. Aunque por otra parte, se ha reportado que los iones cloruro presentan un efecto tóxico sobre el follaje de durazno (melocotón) (Singh y cols., 1982).

Algunos estudios reportan que la dosis, dependiendo de la solución de calcio aplicada, puede producir efectos indeseables sobre las frutas, como consecuencia del exceso de calcio en tejidos; tal exceso puede considerarse a partir de una concentración de 2.5% (Heather, 1977). Scott y Willis (1975) observaron que al aplicar CaCl_2 después de la cosecha a manzanas "Jonathan", se redujo el rompimiento interno de éstas. En manzanas "McInstosh", la aplicación de CaCl_2 al 2% (peso/peso) en postcosecha retardó la pérdida de firmeza durante el almacenamiento en frío (Mason, 1976). Poovaiah (1978), observó que la aplicación de CaCl_2 a presión o vacío sobre manzanas "Golden Delicious", fue efectiva para controlar la pérdida de firmeza de la fruta, la mancha amarga y la senescencia. Asimismo, Drake y Spayd (1983) observaron que la aplicación de CaCl_2 al 3% con presión por 8 min., mantuvo la firmeza en manzanas "Golden Delicious". En durazno "Sharbati", las aplicaciones de nitrato de calcio al 1% realizadas 3 veces en precosecha, redujeron la pérdida de peso, velocidad de respiración, el porcentaje de daños y aumentaron la vida de almacenamiento (Singh y cols., 1982). Así mismo, se ha observado que al aplicar pequeñas dosis de calcio (2 y 9 ppm) en precosecha, se obtienen frutos pequeños con menos color rojo, pero más firmes que al aplicar 180 y 270 ppm (Abdalla y Childers, 1973).

En el cuadro 1 se muestran algunos ejemplos de los posibles efectos del calcio sobre tejidos vegetales (Monseline y Goren, 1987). Además de estos efectos, se han descubierto dos aspectos centrales del estado del Ca^{2+} en tejido animal y vegetal: (a) el mantenimiento de concentraciones extremadamente bajas de calcio libre en el citoplasma celular y (b) la presencia de calcio unido a proteínas y su papel en respuestas metabólicas intracelulares (Marmé, 1985; Ferguson y Drobak, 1988; Poovaiah, 1988). El nivel de concentración de calcio libre en el citoplasma, que es extremadamente bajo ($<1 \mu\text{M}$), es influenciado por factores extracelulares, tales como luz, gravedad y hormonas (Wiersum, 1979; Poovaiah, 1988). Dentro de la célula, se encuentran cantidades altas de calcio principalmente en el retículo endoplásmico, mitocondria, cloroplastos y la vacuola (Roux y Slocum, 1982; Marmé, 1985). La distribución de este ión a nivel intracelular juega un papel crítico en las funciones celulares.

Cuadro 1. Posibles efectos del calcio sobre tejidos vegetales

Localización	Posibles efectos
Enzimas	Control de la calmodulina y activación de enzimas que requieren calcio como segundo mensajero. Bombas de calcio (Ca-Atpasa) Fosforilación (proteína quinasas de calcio). Inhibición de algunas enzimas del metabolismo celular.
Pared celular	Efectos adherentes sobre la lámina media, debidos a la disminución de la "harinosidad", por la formación de pectatos de calcio.
Membranas	El calcio estabiliza las membranas debido a la disminución del enlace de solutos de los organelos. El calcio reduce la respiración, por la limitada difusión de sustratos provenientes de las vacuolas del citoplasma. El calcio reduce el daño interno, ya que previene la unión de sustratos fenólicos susceptibles a oxidación por polifenoloxidasas.

Tomada de Monseline y Goren (1987).

Efecto del calcio sobre las membranas celulares

Muchos de los desórdenes que ocurren en frutas por deficiencia de calcio probablemente se deben al mal funcionamiento de membranas dañadas que llevan a una desorganización de su compartimentalización metabólica (Bangerth, 1979).

La acción del calcio sobre las membranas se puede ver como una interacción continua con otros iones. Algunos cationes, dependiendo de su concentración, pueden sustituir al calcio en sus sitios de unión en las membranas. Sin embargo, solo el manganeso y el estroncio pueden desplazar al calcio sin causar gran aumento en la pérdida de compartimentalización (Bangerth, 1979; Ferguson, 1984).

En la mayoría de los tejidos vegetales, solo las concentraciones de magnesio, potasio e hidrógeno tienen un fuerte efecto antagónico sobre el calcio. Sin embargo su capacidad es limitada para estabilizar las membranas. Estos iones después de reemplazar al calcio, aumentan significativamente la permeabilidad (Bangerth, 1979; Paliyath y cols., 1984; Ferguson, 1984).

Aunque el calcio generalmente es reconocido como un factor importante para mantener la permeabilidad y la compartimentalización celular, es poco lo que se conoce acerca de las reacciones bioquímicas y fundamentales de estas interacciones de calcio en membrana (Bangerth, 1979; Ferguson, 1984).

Se han observado grandes diferencias en la integridad de las membranas en tomates y manzanas que han sido tratadas con calcio y cuando hay deficiencia de éste se han presentado deterioros en el réculo endoplásmico, tonoplasto y plasmalema. La membrana de la mitocondria que acumula más calcio el el citoplasma, tiene gran resistencia al rompimiento. Se ha observado que incluso membranas que se han desorganizado mucho, pueden ser organizadas por la adición de calcio (Bangerth, 1979).

Por otro lado, la correlación que existe entre el contenido de calcio y la velocidad de respiración después de la cosecha, se puede explicar en parte por una permeabilidad alterada en la membrana (Bramlage y cols., 1974). En este caso, el calcio puede reducir el catabolismo del sustrato endógeno, limitando la difusión de éste de la vacuola a las enzimas respiratorias en el citoplasma. Al acelerarse la velocidad de respiración como consecuencia de la falta de calcio, se puede disminuir la capacidad de almacenamiento de los frutos y el desarrollo de ciertos compuestos tóxicos volátiles (Bangerth, 1979).

Efecto de calcio sobre paredes celulares

En observaciones realizadas con microscopio electrónico y de luz sobre tejidos de manzana conteniendo bajas concentraciones de calcio, se ha comprobado una desorganización muy grande en las paredes celulares, debido al rompimiento de los tejidos deficiente en calcio (Bangerth, 1979).

Monseline y Goren (1987) mencionan que la desintegración de la pared celular en manzana, se ha relacionado con el contenido de calcio en el fruto y la apariencia de harinosidad. Esta debilidad en paredes celulares puede facilitar el estallamiento de células, lo que llevaría a un decaimiento interno y una disminución en la rigidez de la pared celular.

El calcio juega un papel muy importante en establecer y mantener la integridad de las paredes celulares, pues la mayoría del calcio que penetra en los tejidos, aparentemente se acumula en la región entre pared celular y lámina media (Burns y Presseg, 1987) en donde interacciona con el ácido péctico para formar pectato de calcio, lo que le confiere la estabilidad y mantiene la integridad de éstas (Povaiah, 1986).

Absorción de nutrientes aplicados foliarmente

De acuerdo a Swietlik y cols., (1984), la absorción de nutrientes a través de las hojas involucra 3 pasos. Después que los minerales se depositan en la superficie de las hojas, éstos penetran la cutícula y pared epidermal por medio de difusión, después son adsorbidos sobre la superficie de las membranas plasmáticas, y posteriormente pasan a través de éstas y entran al citoplasma.

La primera barrera que limita la absorción de nutrientes es la cutícula (Johnson, 1979) que está compuesta por 2 capas. La capa exterior está constituida completamente de cutina cubierta por cera, y la capa interior está compuesta por celulosa y sustancias pecticas incrustadas con cutina y con trozos de cera cuticular. La membrana cuticular completa está separada de las células epidermales por una capa de pectinas (Glenn y Povaiah, 1985).

La cera epicuticular es la más externa y más hidrofóbica de la superficie de la hoja, en donde las aspersiones son depositadas. La cutícula, constituida de ácidos grasos hidroxipoliesterificados, es la más hidrofílica por la presencia de grupos polares atrayentes de agua a través de puentes de hidrógeno. Otros componentes de la cutícula como las sustancias pectináceas y proteínas, presentan una gran capacidad para absorber agua y servir así como caminos polares para el agua y solutos (Swietlik y cols. 1984).

Penetración a través de la cutícula

Se ha observado que microfibrillas de polisacáridos en la cutícula de hojas de manzana llevan una forma continua hacia la superficie de las paredes de células epidermales, que sirven como un camino de transporte polar (Glenn y cols. 1985).

Swietlik y cols., (1984) mencionan la existencia de canales transcuticulares con grupos carboxilos en la cutícula de cítricos. Estos se propusieron como caminos polares de penetración. Los canales pueden dilatarse o contraerse para la difusión de agua y solutos en función de la disociación e hidratación de grupos carboxilos.

La penetración de los nutrientes a través de la cutícula de la hoja puede ser por medio de los poros estomatales. Esta ruta no pasa la barrera cuticular ya que estas aberturas son invaginaciones y no perforaciones cuticulares.

Sin embargo, la cutícula que cubre la cavidad estomatal está hidratada y libre de cera. De ésta manera, la infiltración estomatal por líquidos puede aumentar fuertemente la absorción de la hoja (Schonherr y Bukovac, 1972).

Los tricomas también pueden servir como puerta de entrada a los nutrientes aplicados foliarmente. La importancia de este camino para la absorción de nutrientes depende de la extensión y localización de tricomas cutinizados, que a través del plasmalema hacia las células de las hojas, en donde pueden estar involucrados en la síntesis de compuestos orgánicos. Además, el transporte de nutrientes absorbidos por la célula, pueden proseguir a través de caminos simplásticos hacia el tejido vascular, o los nutrientes pueden dejar las células y entrar al espacio libre de tal forma, que subsecuentemente son cargados dentro de la pared tubular (Swietlik y Faust, 1984).

Absorción de calcio

Ferguson y Watkins (1985), mostraron que la absorción de calcio dentro del espacio libre del tejido cortical de la manzana constituyó el 80% del calcio total absorbido. Esto indica que poco calcio es transportado a través del plasmalema dentro de las células.

Las interacciones con otros iones puede influir sobre la absorción de calcio, pues existe una competencia específica por los cationes K^+ , Mg^{2+} y NH_4^+ que pueden disminuir significativamente la absorción de calcio (Wiersum, 1979).

Asimismo se ha observado una disolución de cristales de oxalato de calcio en varios tejidos, principalmente en plantas perenes, en donde se ha fijado el calcio en forma temporal (Redmond, 1975).

El calcio entra a la planta a través de las raíces, en donde se mueve lateralmente, principalmente dentro de los espacios apoplásticos alrededor de las células corticales de las raíces, hasta alcanzar la endodermis. En regiones maduras de la raíz engrosada, las paredes suberizadas de la endodermis proporciona una barrera permeablemente sustancial para promover el movimiento apoplástico (Bangerth, 1979).

El calcio parece incapaz de moverse libremente por caminos simplásticos y cuando los apoplásticos son bloqueados, se reduce el movimiento del calcio, lo que puede ser una consecuencia particular en la distribución de calcio dentro de las hojas y en la carga de calcio dentro del floema para llevarlo a otras partes, ya sea hacia el desarrollo de semillas, como en la distribución dentro de los frutos (Bramlage y cols. 1979; Ferguson y Watkins, 1981).

Translocación de calcio

Generalmente se considera que el calcio al ser absorbido por las raíces es transportado hacia las hojas en el xilema, en donde este elemento es relativamente móvil, y puede ser suministrado a las frutas, excepto en la parte más temprana de la estación cuando el transporte es por vía floema, en donde el calcio se mueve mucho menos rápido que por ejemplo potasio (Swietlik y Faust, 1984).

La mayoría del calcio se presenta eventualmente en las frutas durante las primeras 4 ó 5 semanas de desarrollo, cuando se están formando las paredes celulares (Ford y Quinlan, 1979). En el último estado, hay muy poco aumento de éste ión en la fruta. Caso contrario sucede con el potasio, el que continúa acumulándose durante todo el período de crecimiento (Glenn y cols., 1985).

Debido a que el transporte por el xilema se considera ser la principal ruta de traslocación del calcio, se han retomado varios experimentos para investigar los factores que pueden afectar este proceso. A diferencia de otros cationes monovalentes, el calcio no se mueve con el flujo de masa, sino por un proceso de intercambio con grupos moleculares cargados negativamente (pectinas y ligninas) en el xilema (Bangerth, 1979).

Algunos agentes quelantes no cargados o complejos iguales cargados negativamente con calcio, pueden prevenir el proceso de adsorción y acelerar la translocación de calcio. Los ácidos málico y cítrico, pueden ser buenos candidatos para secuestrar el calcio en la mayoría de las plantas, por su concentración en el xilema y la estabilidad constante de su complejo con calcio. Mientras Ferguson (1979), menciona que una pequeña cantidad de calcio en el xilema de un árbol joven de manzana puede estar en una forma quelatada. A través de mediciones realizadas con un ión electodo selectivo, se concluye que aproximadamente el 50% del calcio se encuentra probablemente en forma secuestrada (Bangerth, 1979).

Durante su paso a través del xilema, parte del calcio es transportado hacia los lados lateralmente y generalmente se pierde como precipitado de oxalato de calcio. En la corteza de los árboles y en los pedicelos de manzana, se han encontrado altas cantidades de calcio inmovilizado. Diferentes especies y variedades muestran una variación considerable en su capacidad para inmovilizar calcio, y esto afecta la susceptibilidad de plantas u órganos de plantas provocando deficiencia de calcio. (Roux y Slocum, 1982).

Distribución de calcio en los frutos

Las semillas y frutos, son los órganos donde se manifiesta el resultado de la inmovilidad de calcio. Si se observa una fruta entera como la manzana, el mayor porcentaje de calcio es alcanzado durante sus primeras etapas de crecimiento cuando el xilema es el principal suministrador de agua y solutos (Ford y Quinlan, 1979).

También se ha observado que la distribución de calcio en el fruto es desigual, ya que las semillas y cáscaras tienen una concentración mucho más alta que la pulpa (Ford y Quinlan, 1979). La imposibilidad del calcio para moverse libremente en la corteza, se ha demostrado en experimentos en donde el calcio se ha aplicado en un solo lado de la fruta y no en el otro. El lado tratado no presentó síntomas de deficiencia de calcio como la mancha amarga, mientras que el lado no tratado sí los presentó (Ferguson, 1979).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la aplicación de 3 fuentes de calcio a 2 concentraciones cada una y con diferente número de aplicaciones, sobre la calidad final de los frutos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tratamientos de calcio

Se seleccionaron aleatoriamente 30 árboles sanos de aproximadamente 8 años de productividad constante, e inmediatamente después se sometieron a un sorteo completamente al azar para designar 24 tratamientos de calcio diferentes y 6 testigos (1 árbol/tratamiento).

Los tratamientos de calcio consistieron en la aplicación de las siguientes soluciones de calcio sobre los árboles de durazno:

Nitrato de calcio al 2.5% y 5.0% como material comercial, que equivale al 0.5 y 1.0% de calcio activo.

Quelato de calcio al 5.0% y 10.0% como material comercial, que equivale al 0.5 y 1.0% de calcio activo.

Fosfato de calcio al 5.0 y 10.0% como material comercial, que equivale al 0.5 y 1.0% de calcio activo.

A estas soluciones se les adicionó el surfactante "Tritón" al 0.3% (v/v), con la finalidad de aumentar la efectividad de las aplicaciones realizadas. Para la aplicación de éstas se utilizaron bombas aspersoras de 15 litros de capacidad.

Las diferentes aplicaciones se realizaron en las siguientes fechas:

Aplicaciones	Fechas de aplicación
1	53 días después de floración
2	53 y 63 días después de floración
3	53, 63 y 73 días después de floración
4	53, 63, 73 y 78 días después de floración

Evaluación física

A un grupo de 5 frutos por cada tratamiento se les determinó su peso, diámetro y firmeza.

El peso se obtuvo mediante una balanza granataria (OHAUS), y el diámetro se midió utilizando un vernier sobre la parte media ecuatorial de los frutos.

La firmeza se midió utilizando un penetrómetro (Chatillón DFG 50) con el que se obtuvo el esfuerzo de penetración a la pulpa en libras fuerza.

Evaluación química

Al segundo grupo compuesto por 10 frutos por cada tratamiento se les determinó lo siguiente:

Contenido de humedad de acuerdo al método descrito por Abdalla y Childers (1973). pH, utilizando un potenciómetro (pH meter Corning 140), de acuerdo a las técnicas reportadas por la AOAC (1984).

Acidez titulable, se obtuvo mediante titulación con hidróxido de sodio al 0.1N (AOAC, 1984).

Sólidos solubles (°Brix), utilizando un refractómetro ABBE (American Optical Corporation 10450), de acuerdo a las técnicas reportadas por la AOAC (1984).

Los iones de Calcio se cuantificaron por medio de un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 4000 (AOAC, 1984).

RESULTADOS Y DISCUSION

Peso

Todos los tratamientos registraron mayor peso que el testigo, como se puede observar en el cuadro 2, en donde además se muestran las diferencias significativas encontradas entre los diferentes tratamientos. Estadísticamente los frutos que registraron el mayor peso (170.93 g), fueron los que recibieron 2 aplicaciones de fosfato de calcio al 1.0%. Caso contrario ocurrió al aplicar 2 veces fosfato de calcio al 0.5% sobre los árboles, que dio como resultado frutos con un peso menor (75.86 g) con respecto a los demás tratamientos. Esto puede indicar que esta solución de Calcio a dosis menores resultó ser dañina para los frutos, inhibiendo su crecimiento.

Cuadro 2: Valores de peso (g) obtenidos en duraznos "Flordaprince" aplicados con soluciones de calcio y cosechados 83 días después de floración.

Producto	Número de Aplicaciones			
	1	2	3	4
Nitrato de calcio (0.5%)	113.78i	145.37c	110.39j	115.40i
Nitrato de calcio (1.0%)	128.48ef	119.00h	127.89ef	105.31k
Quelato de calcio (0.5%)	142.05c	130.83e	105.59k	144.20l
Quelato de calcio (1.0%)	127.88ef	121.80g	125.47f	160.38b
Fosfato de calcio (0.5%)	135.40d	75.86m	123.55g	124.87f
Fosfato de calcio (1.0%)	120.34g	170.93 ^a	130.48e	138.05d
Testigo	109.67j			

*Los valores que presentan distinto superíndice, son diferentes significativamente, de acuerdo a la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, a un nivel de probabilidad de 0.05

Diámetro

Los frutos que registraron menor diámetro que el testigo, fueron aquellos que recibieron 2 aplicaciones de fosfato de calcio al 0.5%, cuyo diámetro fue de 5.25 cm; mientras que el testigo registró un valor de 5.91 cm. Los frutos que registraron el mayor diámetro, fueron los que recibieron 2 aplicaciones de fosfato de calcio al 1.0% (6.65 cm), pero con una firmeza muy por debajo (14.45 lb-fuerza) de aquella registrada en los frutos testigo (18-23 lb-fuerza) (Cuadro 3)

Firmeza

Los frutos que registraron el valor de firmeza más alto estadísticamente, fueron aquellos que recibieron 2 aplicaciones de quelato de calcio al 1.0% (18.98 lb-fuerza); mientras que los frutos que recibieron 4 aplicaciones de nitrato de calcio al 0.5% registraron el valor menor de firmeza (12.84 lb-fuerza)(Cuadro 4)

Cuadro 3: Valores de diámetro (cm) obtenidos en duraznos "Flordaprince" aplicados con soluciones de calcio y cosechados 83 días después de floración

Producto	Número de Aplicaciones			
	1	2	3	4
Nitrato de calcio (0.5%)	5.71e	6.38c	5.70e	5.87de
Nitrato de calcio (1.0%)	6.16cd	6.12cd	5.92de	5.91de
Quelato de calcio (0.5%)	6.26c	6.01d	5.81e	6.28c
Quelato de calcio (1.0%)	6.08cd	5.97d	5.75e	6.60ab
Fosfato de calcio (0.5%)	6.15cd	5.25f	5.86de	6.01d
Fosfato de calcio (1.0%)	6.31c	6.65 ^a	6.46b	6.28c
Testigo	5.91de			

*Los valores que presentan distinto superíndice, son diferentes significativamente, de acuerdo a la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, a un nivel de probabilidad de 0.05

Cuadro 4: Valores de firmeza (lb-fuerza obtenidos en duraznos "Flordaprince" aplicados con soluciones de calcio y cosechados 83 días después de floración

Producto	Número de Aplicaciones			
	1	2	3	4
Nitrato de calcio (0.5%)	15.85e	14.58h	18.09c	12.84j
Nitrato de calcio (1.0%)	16.31de	14.20ki	15.25fg	15.90e
Quelato de calcio (0.5%)	15.85e	16.82d	16.92d	16.08e
Quelato de calcio (1.0%)	14.64h	18.98 ^a	15.08fg	13.73i
Fosfato de calcio (0.5%)	16.66d	16.31de	16.73d	15.71f
Fosfato de calcio (1.0%)	14.45h	14.45h	16.48d	15.14fg
Testigo	18.23b			

*Los valores que presentan distinto superíndice, son diferentes significativamente, de acuerdo a la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, a un nivel de probabilidad de 0.05

Sólidos Solubles Totales

El contenido de sólidos solubles en los frutos tratados tampoco presentaron un comportamiento específico conforme aumentó el número de aplicaciones realizadas. Los frutos testigo registraron valores diferentes significativamente con respecto a casi todos los tratamientos. Los frutos que recibieron 4 aplicaciones de nitrato de calcio al 0.5% registraron el contenido de sólidos solubles más alto (8.09) pero no fue diferente del testigo, de acuerdo al análisis estadístico aplicado, Caso contrario ocurrió con los frutos que recibieron 2 aplicaciones de fosfato de calcio al 1.0% (5.74%) cuya concentración de sólidos solubles fue la más baja con respecto a los demás tratamientos (Cuadro 5)

pH

Las interacciones resultantes entre producto-dosis, producto-número de aplicación, dosis-número de aplicación y producto-dosis-número de aplicación, indicaron que hubo un efecto significativo de éstos sobre el pH de los frutos. Sin embargo, no se observó ninguna tendencia del pH conforme aumentó el número de aplicaciones realizadas (cuadro 6). Estadísticamente los frutos que recibieron 3 aplicaciones de nitrato de calcio al 1.0% registraron el valor de pH más alto (3.82); mientras que el valor de pH más bajo se registró en los frutos que recibieron 2 aplicaciones de nitrato al 1.0% (2.50). Los frutos testigo presentaron un pH de 3.49, valor que es muy cercano al pH reportado por Jiménez (1987) para durazno de la var. "Flordaprince" (3.52).

Cuadro 5: Contenido de sólidos solubles Totales (°Brix) obtenidos en duraznos "Flordaprince" aplicados con soluciones de calcio y cosechados 83 días después de floración

Producto	Número de Aplicaciones			
	1	2	3	4
Nitrato de calcio (0.5%)	7.93 ^{ab}	7.35 ^{df}	7.38 ^{df}	8.09 ^a
Nitrato de calcio (1.0%)	6.37 ⁱ	7.08 ^{fg}	5.87 ^j	6.61 ^{hi}
Quelato de calcio (0.5%)	7.56 ^{cd}	7.20 ^{ef}	7.73 ^{bc}	6.42 ⁱ
Quelato de calcio (1.0%)	6.80 ^{gh}	8.03 ^{ab}	6.81 ^{gh}	7.07 ^{fg}
Fosfato de calcio (0.5%)	7.19 ^{ef}	6.41 ⁱ	6.01 ^j	6.01 ^j
Fosfato de calcio (1.0%)	7.49 ^{ce}	5.75 ^j	6.57 ^{hi}	6.61 ^{hi}
Testigo	7.93 ^{ab}			

*Los valores que presentan distinto superíndice, son diferentes significativamente, de acuerdo a la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, a un nivel de probabilidad de 0.05

Cuadro 6: Valores de pH obtenidos en duraznos "Flordaprince" aplicados con soluciones de calcio y cosechados 83 días después de floración

Producto	Número de Aplicaciones			
	1	2	3	4
Nitrato de calcio (0.5%)	2.54 ^{jk}	3.55 ^{bc}	2.88 ^{ef}	3.26 ^d
Nitrato de calcio (1.0%)	2.77 ^{fh}	2.50 ^k	3.82 ^a	2.55 ^{jk}
Quelato de calcio (0.5%)	2.61 ^{ik}	3.70 ^{ab}	2.63 ^{hk}	2.79 ^{gi}
Quelato de calcio (1.0%)	2.53 ^{jk}	2.53 ^{jk}	3.24 ^d	2.72 ^{gi}
Fosfato de calcio (0.5%)	2.67 ^{gj}	2.93 ^e	3.79 ^a	3.79 ^a
Fosfato de calcio (1.0%)	2.90 ^{af}	3.75 ^a	2.67 ^{gj}	2.88 ^{ef}
Testigo	3.49 ^c			

*Los valores que presentan distinto superíndice, son diferentes significativamente, de acuerdo a la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, a un nivel de probabilidad de 0.05

Acidez titulable

Los valores de acidez titulable registrados por lo distintos tratamientos, fueron menores o iguales estadísticamente con respecto al testigo. En el cuadro 7 se puede observar que los frutos aplicados 2 veces con quelato de calcio al 1.0%, registraron el % de acidez más alto (0.61%) de todos los tratamientos, de acuerdo a la prueba de Tukey aplicada. Caso contrario sucedió con los frutos que recibieron 3 aplicaciones de quelato de calcio al 1.0%, que registraron el % de acidez titulable más bajo (0.31%). Los frutos testigo registraron un valor de 0.51% de acidez titulable.

Cuadro 7: Valores de Acidez Titulable (%) obtenidos en duraznos "Flordaprince" aplicados con soluciones de calcio y cosechados 83 días después de floración

Producto	Número de Aplicaciones			
	1	2	3	4
Nitrato de calcio (0.5%)	4.40hi	0.47de	0.54b	0.32m
Nitrato de calcio (1.0%)	0.32m	0.51bc	0.38ik	0.40hi
Quelato de calcio (0.5%)	0.37jl	0.50cd	0.45eg	0.36kl
Quelato de calcio (1.0%)	0.39hk	0.61 ^a	0.31m	0.45eg
Fosfato de calcio (0.5%)	0.41gh	0.39hk	0.45eg	0.44fg
Fosfato de calcio (1.0%)	0.52bc	0.40hk	0.34lm	0.37ik
Testigo	0.51bc			

*Los valores que presentan distinto superíndice, son diferentes significativamente, de acuerdo a la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, a un nivel de probabilidad de 0.05

Calcio

Las diferentes soluciones de calcio aplicadas a diferentes dosis y tiempos presentaron un efecto sobre la concentración endógena de calcio en el fruto, más no se manifestó ninguna tendencia en la concentración en relación al tipo de producto, dosis o números de aplicación realizada. En el cuadro 8 también se pueden observar los resultados obtenidos, así como también las diferencias significativas encontradas entre los distintos tratamientos.

El tratamiento que dio como resultado frutos con la concentración de calcio más baja estadísticamente, fue el de una aplicación de quelato de calcio al 0.5% (40.05 ppm) mientras que los frutos que resultaron con la concentración de calcio más alta, fueron los que recibieron 4 aplicaciones de nitrato de calcio al 1.0% (174.77 ppm).

Al parecer al aumentar el número de aplicaciones de las soluciones de calcio, la disponibilidad de este ion para reaccionar con los grupos carboxilos libres de la pectina aumenta, llegando tal vez a un punto de saturación que no permita mayor interacción o almacenamiento de calcio en el tejido vegetal, aunque esto dependerá de las características físico-químicas de las soluciones de calcio aplicadas.

La concentración de calcio detectada en el testigo fue de 117.58 ppm, valor que se encuentra por debajo del reportado por Wills y cols. (1983) para durazno "Redhaven", cuya concentración fue de 180 ppm de calcio.

CONCLUSIONES

- 1.- La aplicación de las diferentes fuentes de calcio dieron por frutos más grandes y de mayor peso.
- 2.- No se obtuvo un mejoramiento significativo de la firmeza por efecto de las aplicaciones.
- 3.- Las características de calidad de los frutos tratados con Quelato de Calcio al 1.0% y aplicado un par de veces fueron mejores.

Cuadro 8: Concentraciones de calcio (ppm) obtenidos en duraznos "Flordaprince" aplicados con soluciones de calcio y cosechados 83 días después de floración.

Producto	Número de Aplicaciones			
	1	2	3	4
Nitrato de calcio (0.5%)	105.40fi	150.37b	151.30b	91.35hk
Nitrato de calcio (1.0%)	89.24il	126.66ce	110.27eg	174.77 ^a
Quelato de calcio (0.5%)	40.05 ^e	88.69jl	119.24df	86.81jl
Quelato de calcio (1.0%)	79.41km	141.41bc	130.73cd	90.78hk
Fosfato de calcio (0.5%)	54.35no	106.92fh	64.80mn	64.89mn
Fosfato de calcio (1.0%)	99.81gj	73.97lm	42.75 ^e	51.50no
Testigo	117.58df			

*Los valores que presentan distinto superíndice, son diferentes significativamente, de acuerdo a la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, a un nivel de probabilidad de 0.05

4.- Todas las aplicaciones de calcio incrementaron el contenido del mismo en el fruto al momento de la cosecha.

5.- No se encontraron correlaciones significativas entre el contenido de calcio en los frutos y la firmeza de los mismos. Aparentemente existe un nivel óptimo y arriba de éste es perjudicial para los frutos.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdalla, A.C. and Childers, F.N. 1973. Calcium nutrition of peach and prune relative to growth, fruiting, and fruit quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98 (5): 517-522.
- Ahmed, A.E. & Labavitch, J.M. 1980. Cell wall metabolism in ripening fruit. L. Cell wall changes in ripening "Barlett" pears. *Plant Physiology* 65, 1009-1013.
- A.O.A.C. 1984. *Official Methods of Analysis*. Edition 14th. Williams S. Ed. Published by Association of Official Analytical Chemist. Washington, D.C.
- Bangerth, F. 1979. Calcium-related physiological disorders of plant. *Annual Reviews. Phytopathol.* 17:97.
- Bramlage, W.J., Drake, M. and Baker, J.H. 1974. Relationship of calcium content to respiration and postharvest condition of apples. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 99, 376-378.
- Burns, J.K. and Pressey, R. 1987. Ca²⁺ in cell walls of ripening tomato and peach *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 112, 783-787
- Conway, W.S. and Sams, C.E. 1987 The effects of postharvest infiltration of calcium, magnesium, or strontium on decay, firmness respiration and ethylene production in apples. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 112 (2): 300-303.
- Drake, S.R., and Spay, S.E. 1983. Influence of calcium treatment on Golden Delicious" apple quality. *Journal of Food Science* 48:403-405

- Drake, M. And Bramlage, W.J. 1983 Suggestions for use of calcium sprays in 1983. Fruit Notes Dept. Plant and soil Sci., Uni. Of Mass
- Ferguson, I.B., 1979. The movement of calcium in non-vascular tissue of plants. *Commun in soil Science and Plant Analysis* 10 (1&2):217-224
- Ferguson, I.B. 1984. Calcium in plant senescence and fruit ripening. *Plantcell and Environment* 7:477-489.
- Ferguson, I.B. and Drobak, B.K. 1988. Calcium and the regulation of plant growth and senescence. *Hortscience* 23(2): 262-266
- Ferguson, I.B. and C.B. Watkins. 1981. Ion relations of apple fruit tissue during fruit development and ripening. III*. Calcium uptake. *Aust. J. Plant Physiol.* Vol 8:259-266.
- Ford E.M. Quinland, J.D. (1979). The distribution of 45 Ca in apple fruits when supplied to the roots at three times during the season. *Journal of Horticultural Science.* 54(3)181-188
- Glenn, G.M. and Poovaiah, B.W. 1985. Cuticular permeability to calcium compounds in "Golden Delicious" apple fruit. *J. Amer Soc. Hort. Sci.* 110(2):192-195
- Glenn, G.M., Poovaiah, B.W. and Resmussen, H.P. 1985. Pathways of calcium penetration through isolated cuticles of "Golden delicious" apple fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Scie.* 110(2): 166-171.
- Heather A. Bramlage, W.J. 1977. Uptake of calcium by apples from postharvest dips in calcium chloride solutions. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102(6): 785-788.
- Jiménez, L.R. 1987. Efecto del calcio en durazno, respecto a la calidad del fruto con aplicaciones precosecha. Tesis de Licenciatura de la Escuela de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora.
- Jonhson, D.S. 1979. Nwe techniques in the postharvest treatment of apple with calcium salts. *Commun in soil Science and Plant Analysis.* 10(1,2): 373-382.
- Marmé D. 1985. The role of calcium in the cellular regulation of plant metabolism. *Physiol. Veg.* 23:945-953.
- Mason, J.L. 1976. Calcium concentration and firmness of stored "McIntosh" apples increased by calcium chloride solution plus thicker. *HortScience* Vol. 11(5): 504-504 .
- Monseline, S.P. and Goren, R. 1987. Preharvest growing conditions and postharvest behavior of subtropical and temperate sone fruit. *HortScience.* 22(6):1185-1189.
- Paliyath, G. Poovaiah, B.W., Munske, G.R. and Magnuson, J.A. (1984). Membrane fluidity in senescing apples: Effects of temperature and calcium. *Plant Cell Physiol.* 25:1083.
- Perring, M.A. 1979. The effects of environment and cultural practices on calcium concentration in the apple fruit. *Commun. In soil Science and Plant Analysis* 10(1&2), 279-293.
- Perring, M.A. and Pearson, K. (1987). Supression of bitter pit by calcium injected into the core cavities of harvested apples. *Journal of horticultural Science.* 62(3)303-304.
- Poovaiah, B.W. 1986. Role calcium in prolongin storage life of fruits and vegetables. *Food Technology.* 86-89.
- Poovaiah, B.W. 1988. Molecular and cellular aspects of calcium action in plants. *HortScience.* Vol. 23(2):267-271.

- Redmond, W.J. 1975. Transport of calcium in apples trees and its penetration into the fruit. *Commun. In soil Science and Plant Analysis*. 6(3): 261-272.
- Roux, S.J. and Slocum, R.D. 1982. Role of calcium in mediating cellular functions important for growth and development in higher Plants, in: *Calcium and Cell Function*. Vol. III. Academic Press, Inc. Pp. 411-417.
- Sams, E.C. and Conway, S.W. 1984. Effect of calcium infiltration on ethylene production, respiration rate, soluble polyuronide content, and quality of "Golden Delicious" apple fruit. *J. Amer. Hort. Sci.* 109 (1): 53-57.
- Schoenherr, J. And M. Bukovac. 1972. Penetration of stomata by liquids. *Plant Physiol.* 49:813-819.
- Scott, K.J. and Wills, R.B.H. 1975. Postharvest application of calcium as a control for storage breakdown of apples. *Hortscience*. 10 (1):75-76.
- Shear, C.B. 1975. Calcium related disorders of fruits and vegetables. *Hortscience*. 10(4): 361-365.
- Singh, B.P., Gupta, O.P., and Chauhan, K.S.. 1982 Effect of preharvest calcium nitrate spray on peach on the storage life of fruits. *Indian J. Agric. Sci.* 52(4): 235-239.
- Swietlik, D. and Faust, M. 1984. Foliar nutrition of fruit crops. *Horticultural Reviews*. 6: 287-355.
- Wiersum, L.K. 1979. Effects of environmental and cultural practices on calcium nutrition. *Commun in Soil Science and Plant Analysis*. 10(1&2) 259-278.
- Wills, R.B.H., Frances, M.S. and Greenfield, H. 1983. Nutrient composition of stone fruit (*prunus spp.*) cultivars: apricot, cherry, nectarine, peach and plum. *J. Sci. Food Agric.* 34: 1383:1389.