

Nota de Investigación

APLICACIONES FOLIARES DE CLORURO DE CALCIO Y EL CUAJE DE FRUTAS DE AGUACATE^{1,2}

Jesús Cardona-Colón³ y Félix Román-Pérez⁴

J. Agric. Univ. P.R. 91(1-2):67-72 (2007)

El aguacate (*Persea americana* Mill.) es una de las frutas más cultivadas tradicionalmente en Puerto Rico; sin embargo, su producción se ha reducido significativamente de 26 millones de frutas en 1964-65 hasta alrededor de 11 millones reportadas para el 2003-04 (Departamento de Agricultura de P.R., 2004). Entre las frutas más aceptadas por los consumidores puertorriqueños se destacan las del cultivar Wilson Popenoe. Estas frutas poseen características muy deseables como color amarillo de piel, excelente sabor, textura cremosa, tamaño grande, forma alargada con cuello carnosos y semilla pequeña. Además, Wilson Popenoe es el cultivar que más temprano se cosecha en la temporada (junio y julio), lo que le permite alcanzar los mejores precios y completar su cosecho antes de la parte más activa de la temporada de huracanes (agosto y septiembre). Lamentablemente, los árboles de Wilson Popenoe son pobres productores (100 a 150 frutas por año), contrastando con otros cultivares comerciales que sobrepasan las 400 frutas (Arpaia, 2003). Wilson Popenoe es conocido como bajo productor en todos los sectores de la isla donde se cultiva, incluyendo siembras comerciales debidamente manejadas, por lo que su baja producción podría estar determinada por factores genéticos. Perteneció a la raza antillana y de acuerdo a Pennock et al. (1963), las frutas de esta raza poseen vida útil corta y poca tolerancia a la refrigeración, lo que limita sus posibilidades para exportación. Aún así es uno de los cultivares recomendados para siembras comerciales (EEA, 1998).

Un factor que nuestros agricultores reportan con frecuencia en Wilson Popenoe y que afecta adversamente el rendimiento en aguacate es la caída prematura de frutas. Adato y Gazitz (1977) encontraron que en la variedad Hass más del 90% de las frutas se caen durante el primer mes luego de la polinización. También observaron un segundo período que se extendía hasta el cosecho, en el que la caída ocurría a un ritmo menor y las frutas eran de mayor tamaño. Sugirieron que la caída de frutas a lo largo de todo el ciclo podía atribuirse a un aumento que observaron en la concentración de etileno antes de la caída. Sedgley (1980) encontró que sobre el 90% de las frutas caídas en el primer mes post-florencia no habían sido fertilizadas. Además, encontró que las frutas caídas después del primer mes estaban debidamente fertilizadas y no había razones anatómicas para explicar su caída, ya que el desarrollo del embrión y endospermo era normal. Sedgley (1987) sugirió que el factor principal que induce la caída de frutas es la competencia por asimilados y nutrientes entre las frutas en desarrollo y los renuevos de hojas que surgen luego de la florecida. Esa competencia podría inducir la deficiencia de algún nutriente que active el proceso conducente a la caída de frutas con desarrollo aparentemente normal.

¹Manuscrito sometido a la junta editorial el 28 de febrero de 2006.

²Los autores desean expresar su agradecimiento al Dr. Raúl Macchiavelli por su colaboración en el análisis estadístico.

³Asociado en Investigaciones, Estación Experimental Agrícola, 2090 Ave. Militar, Isabela, PR 00662.

⁴Catedrático Asociado, Departamento de Horticultura.

En algunos cultivos se ha logrado prevenir eficazmente la caída de frutas mediante la utilización de reguladores de crecimiento (Gianfagna, 1995). En aguacate, algunos investigadores han observado un aumento en el cuaje, rendimiento y tamaño de frutas mercadeables utilizando paclobutrazol (Kohne y Kremer-Kohne, 1987; Wolstenholme et al., 1988; Symons y Wolstenholme, 1990; Adato, 1990; Kremer-Kohne y Kohne, 1995). Este regulador pertenece al grupo de inhibidores de la síntesis de giberelinas. Su efecto principal consiste en reducir el desarrollo de hojas nuevas, disminuir su competencia y favorecer así el flujo de asimilados a las frutas. Aunque se ha registrado para uso en varios países, el paclobutrazol no ha logrado total aceptación debido a su alto costo y persistencia en el árbol (Wolstenholme, 2001). Penter y Stassen (1998) reportaron que aplicaciones incorrectas del regulador resultaron en residuos del producto en la fruta. Otros investigadores encontraron mejor efecto utilizando uniconazol, que aunque es un inhibidor de síntesis de giberelinas de menor persistencia, es también de alto costo (Erasmus y Brooks, 1998; Penter et al., 2000). Cicocel, otro regulador de costo más económico, ha tenido buenos resultados preliminares (Penter et al., 2000). Loupassaki et al. (1995) utilizaron poliaminas y lograron aumentar el cuaje de frutas hasta un 89% en el cultivar Fuerte. Lamentablemente, en la actualidad no existe un producto comercial conteniendo poliaminas para uso agrícola.

Nuestro enfoque en este trabajo fue tratar de evitar una deficiencia de nutrientes, específicamente calcio, que pudiera surgir durante el desarrollo de las frutas y que contribuyera a su caída prematura. Seleccionamos el calcio debido a que el mismo está relacionado con más de 30 desórdenes fisiológicos en frutas y vegetales (Shear, 1975). Algunos desórdenes reportados en aguacate son pulpa gris, manchas de antocianina vascular y en la pulpa, y alta susceptibilidad a daños por enfriamiento (Bower y Cutting, 1988). Aunque estos desórdenes afectan la calidad de la fruta post-cosecha, son indicadores de limitaciones en la absorción del calcio. La mayor acumulación de calcio en las frutas del aguacate ocurre durante las primeras siete a ocho semanas de su desarrollo (Bower, 1985); por lo tanto, una deficiencia podría afectar el desarrollo de la fruta desde el momento del cuaje.

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de aplicaciones foliares de calcio en la caída prematura de frutas de aguacate Wilson Popenoe. Seleccionamos 48 árboles del cultivar Wilson Popenoe, en un predio de diez años de edad en la Finca Montaña del Colegio de Ciencias Agrícolas del Recinto Universitario de Mayagüez en Aguadilla. El suelo predominante en el predio es la serie Coto (Oxisol) con un pH aproximado de seis. Utilizamos un diseño experimental de bloques completos al azar (cuatro bloques conteniendo cuatro tratamientos cada uno), debido a diferencias observadas entre el desarrollo de las parcelas. La parcela consistió de tres árboles y se tomaron muestras del árbol central. Un día antes de comenzar los tratamientos se recolectaron diez hojas de los brotes maduros más recientes de cada árbol a ser muestreado. Se obtuvieron 40 hojas por bloque y se enviaron al laboratorio para análisis de nutrientes. Se evaluó la aplicación foliar de cuatro niveles de cloruro de calcio (0, 16.8, 33.7 y 50.6 kg/ha). El cloruro de calcio es el producto más usado para corregir los desórdenes fisiológicos atribuidos a deficiencia de calcio en árboles de manzana (Wesley y Bramlage, 2001).

La primera aplicación de cloruro de calcio se realizó el 9 de enero de 2004, cuando todos los árboles ya habían formado los capullos florales y algunos comenzaban a abrirlos (antesis). Se continuaron las aplicaciones bisemanalmente hasta el 14 de mayo, para un total de 10 aplicaciones. Los árboles se asperjaron uniformemente con un chorro de pistola a una presión de 414 KPa usando aproximadamente 11 L de solución por árbol. Para mejorar la absorción, utilizamos un surfactante a razón de 0.5 ml/L de agua. Para tomar los datos de frutas caídas, colocamos una malla con un área de 3.65 m × 6.1 m debajo del árbol del medio de cada parcela. Esta malla ocupaba aproximadamente la mitad del área total

del árbol. Las frutas caídas sobre la malla que excedieran un centímetro de largo se contaron semanalmente comenzando el 18 de marzo. Las frutas inferiores a ese tamaño no se consideraron porque éstas se caen principalmente por polinización o fertilización inadecuada (Sedgley, 1980). El último conteo de frutas caídas se realizó el 24 de junio de 2004, fecha en que también se contaron las frutas que retuvo el árbol al momento de la cosecha.

Los datos obtenidos se sometieron a análisis de varianza y no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las variables medidas (Cuadro 1). Tampoco se encontraron diferencias entre tratamientos para frutas caídas en alguna semana particular. El patrón semanal de caída de frutas resultó muy similar entre tratamientos, con un pico sobresaliente correspondiente a una caída masiva de frutas aproximadamente 11 semanas post-antesis (Figura 1). Alrededor de la decimoquinta semana se observó otra caída de frutas de menor intensidad, que fue más detectable en los árboles tratados con 16.9 y 50.6 kg/ha de CaCl_2 ; tratamientos con los cuales se logró la mayor cantidad de frutas cuajadas antes del cosecho. Esa caída de frutas parece ser una respuesta natural de los árboles a producir lo que realmente permiten sus niveles nutricionales, irrespectivo de factores exógenos como las aplicaciones de cloruro de calcio. Nuestro trabajo corrobora parte de los trabajos de Adato y Gazitz (1977), quienes también observaron el comportamiento en forma de picos de la caída de frutas de aguacate. Ellos observaron un pico mayor durante el primer mes post-antesis cuando se cae hasta un 90% de las frutas; este pico no se registró en nuestro trabajo porque no consideramos las frutas inferiores a un centímetro que cayeron durante ese período. El pico observado en nuestro experimento 11 semanas post-antesis corresponde al pico menor observado por Adato y Gazitz (1977), toda vez que coinciden en el tiempo de ocurrencia.

Podría inferirse que la falta de respuesta a nuestros tratamientos ocurrió porque los niveles de calcio en las hojas previo al experimento eran ligeramente superiores a los niveles recomendados (Cuadro 2). Sin embargo, de acuerdo con Bangerth (1979), aún cuando los suelos sean ricos en calcio y su nivel en las hojas sea óptimo, el mismo podría encontrarse deficiente en las frutas porque el problema de calcio es uno de distribución en la planta y no de absorción. Explica que, debido a que la mayor parte del calcio se transporta a través del xilema, las hojas reciben preferencia en su acumulación porque permiten mayor transpiración que las frutas. Esa situación se acentúa en aguacate porque en este cultivo ocurre un flujo de hojas inmediatamente después de la florecida, las que ofrecen entonces una fuerte competencia por nutrientes y asimilados. La disponibilidad del calcio a las frutas es también limitada porque como las frutas son

CUADRO 1.—*Efecto de dosis de cloruro de calcio en la cantidad de frutas caídas, cantidad cosechada, total de cuaje (caídas + cosechadas) y porcentaje de cosechadas en relación al cuaje total en aguacate cv. Wilson Popenoe en Aguadilla, Puerto Rico.*^{1,2,3}

Dosis CaCl_2 (kg/ha)	Frutas caídas	Frutas cosechadas	Total frutas cuajadas	Frutas cosechadas (% del cuaje total)
50.6	2,787	51	2,839	1.9
33.7	1,970	72	2,043	5.4
16.9	2,361	71	2,432	3.4
0.0	1,922	45	1,967	4.6

¹Promedios de cuatro replicaciones.

²No se encontraron diferencias significativas.

³Todas las medidas tomadas en área equivalente a la mitad de un árbol.

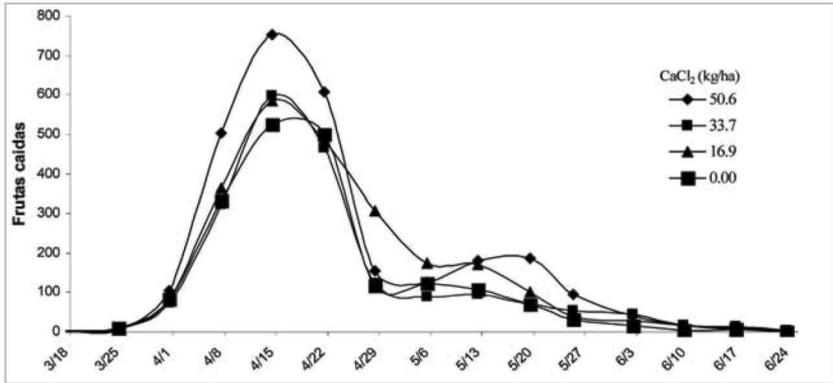


FIGURA 1. Efecto de dosis de cloruro de calcio en la distribución semanal de frutas caídas de aguacate cv. Wilson Popenoe en Aguadilla, Puerto Rico.

principalmente sumideros reciben la mayor parte de sus nutrientes a través del floema, donde se ha demostrado que el calcio tiene muy poca movilidad (Bangerth, 1979). Esa información sugiere que de alguna manera el nivel de calcio podía ser uno de los factores contribuyendo a la caída prematura de frutas; sin embargo, en este trabajo no encontramos respuestas significativas a su aplicación.

La falta de respuesta también podría relacionarse con una limitada absorción del calcio a través de las hojas y frutas. Penter y Stassen (2000) señalaron que las sales minerales de calcio utilizadas normalmente en otros cultivos (CaCl_2 y CaNO_3) no eran fácilmente absorbidas por las hojas de aguacate y cuando eran absorbidas ocurría poco transporte de calcio a las frutas. Evaluaron nuevas sales de calcio en complejos orgánicos, diseñadas para máxima absorción sin causar fototoxicidad y lograron corregir algunos desórdenes fisiológicos en las frutas, pero lamentablemente no reportaron efectos en el cuaje.

Otro factor que pudo haber afectado nuestros resultados fue la condición física de los árboles usados. Al concluir el experimento algunos de los árboles experimentales mostraban señales de enfermedad, aunque inicialmente se seleccionaron los árboles que parecían más saludables. La condición de los árboles probablemente fue responsable de

CUADRO 2.—Valores promedio de análisis foliares de aguacate Wilson Popenoe por bloque experimental un día antes de comenzar la aplicación de los tratamientos en Aguadilla, Puerto Rico (cantidades en porcentaje de peso seco).¹

Bloque	N (2.0-2.4) ²	P (0.08-0.25)	Ca (1.0-3.0)	Mg (0.25-0.80)	K (0.75-2.0)	S (0.20-0.60)
1	1.82	0.12	3.43	0.48	0.42	0.20
2	1.68	0.11	3.26	0.48	0.57	0.23
3	1.80	0.12	2.35	0.54	0.45	0.20
4	1.99	0.15	2.67	0.52	0.67	0.21

¹Promedio de 40 hojas por bloque.

²Valores recomendados (Weir y Cresswell, 1995).

la alta variabilidad en los datos y afectó la posibilidad de encontrar diferencias significativas entre tratamientos.

Aunque en este trabajo no encontramos diferencias significativas entre los tratamientos, observamos una tendencia hacia un efecto positivo del calcio, por lo que sugerimos continuar la investigación en esta área. Para disminuir la variabilidad en los datos, recomendamos utilizar árboles en producción temprana que estén recibiendo manejo adecuado. Los árboles más jóvenes deben de ser más saludables, además de que se facilita la toma de datos debido a su menor tamaño. Como no observamos daño foliar con ninguno de los tratamientos, sugerimos evaluar otros niveles y frecuencias de aplicación de las sales minerales. También se pueden evaluar las sales orgánicas de calcio que, aunque más costosas, alegadamente son absorbidas más eficientemente por el follaje. Por último, además de su posible efecto en el cuaje de frutas, recomendamos evaluar el efecto post-cosecha del calcio sobre las frutas.

LITERATURA CITADA

- Adato, I., 1990. Effects of Paclobutrazol in avocado cv. Fuerte. *Scientia Horticulturae* 45:105-115.
- Adato, I. y S. Gazitz, 1977. Role of ethylene in avocado fruit development and ripening. *J. Exp. Bot.* 28:636-643.
- Arpaia, M., 2003. Enhancement of avocado productivity. Plant Improvement: Selection and Evaluation of Improved Varieties and Rootstocks. <http://avocadosource.com>
- Bangerth, F., 1979. Calcium-related physiological disorders of plants. *Annual Review of Phytopathology* 17:97-122.
- Bower, J. P., 1985. The calcium accumulation pattern in avocado fruit as influenced by long term irrigation regime. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 8:97-99.
- Bower, J. P. y J. G. M. Cutting, 1988. Avocado fruit development and ripening physiology. *Hort. Rev.* 10:229-271.
- Departamento de Agricultura de Puerto Rico, 2004. Anuario Estadístico. Oficina de Estadísticas Agrícolas. San Juan, PR.
- Erasmus, H. D. y W. H. Brooks, 1998. Foliar application of Uniconazole (Sunny) to avocado trees to improve fruit size and yield and to change fruit shape. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 21:52-53.
- Estación Experimental Agrícola, 1998. Conjunto Tecnológico para la producción de Aguacates. Universidad de P. R. Publicación 112.
- Gianfagna, T. J., 1995. Natural and synthetic growth regulators and their use in horticultural and agronomical crops. *En*: P. J. Davies (ed.). *Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. Boston, MA. pp. 751-773.
- Kohne, J. S. y S. Kremer-Kohne, 1987. Vegetative growth and fruit retention in avocado as affected by a new plant regulator (Paclobutrazol). *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 10:64-66.
- Kremer-Kohne, S. y J. S. Kohne, 1995. Possible means to increase Hass avocado fruit size. *Proceedings of the World Avocado Congress III, Vol. 1*, pp. 29-31.
- Loupassaki, M. H., I. Androulakis y M. Vasilakakis, 1995. Effect of polyamines and other growth regulators on the fruit-set of avocado. *Proceedings of the World Avocado Congress III, Vol. 1*, pp. 57-60.
- Pennock, W., T. Soto, R. Abrams, R. Gandía Caro, A. Pérez. y G. C. Jackson, 1963. Variedades selectas de aguacates de Puerto Rico. Estación Experimental Agrícola. Universidad de P.R. Boletín 172.

- Penter, M. G. y P. J. C. Stassen, 1998. The effect of growth inhibitors on vegetative growth, fruit size and fruit set in Hass avocado trees. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 21:54-57.
- Penter, M. G. y P. J. C. Stassen, 2000. The effect of pre- and postharvest calcium applications on the postharvest quality of Pinkerton avocados. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 23:1-7.
- Penter, M. G., P. J. C. Stassen y E. Schaffer, 2000. The effect of growth inhibitors in Hass avocado trees. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 23:46-51.
- Sedgley, M., 1980. Anatomical investigation of abscised avocado flowers and fruitlets. *Ann. Bot.* 46:771-777.
- Sedgley, M., 1987. Flowering, pollination and fruit set of avocado. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 10:42-43.
- Shear, C. B., 1975. Calcium related disorders of fruits and vegetables. *Hortscience* 10:361-365.
- Symons, P. R. R. y B. N. Wolstenholme, 1990. Field trials using paclobutrazol foliar sprays on Hass avocado trees. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 13:35-36.
- Wesley, R. A. y W. J. Bramlage, 2001. Foliar calcium sprays for apples. UMass Extension Factsheet F-119R.
- Weir, R. G. y G. C. Cresswell, 1995. Plant Nutrient Disorders 2. Tropical Fruit and Nut Crops. Inkata Press, Melbourne, p. 88.
- Wolstenholme, B. N., 2001. Management of fruit size in Hass. <http://avocadosource.com>
- Wolstenholme, B. N., A. W. Whiley, J. B. Saranah, P. R. R. Symons, P. J. Hofman y H. J. Rostron, 1988. Paclobutrazol trials in avocado orchards. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 11:57-59.