

Producción y calidad poscosecha de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) larga vida sometido a la aplicación de ácido giberélico

Yield and postharvest quality of long life tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) submitted to an application of gibberellic acid



GIOVANNI ADRIÁN LAITON P.^{1, 4}

PEDRO JOSÉ ALMANZA-MERCHÁN²

HELBER ENRIQUE BALAGUERA-LÓPEZ³

Producción de tomate larga vida bajo invernadero en la región de Villa de Leyva, Sutamarchán (Boyacá).
Foto: G. Fischer

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación exógena de ácido giberélico sobre la producción y calidad poscosecha de tomate híbrido Ichiban. Se utilizó un diseño completamente al azar con seis tratamientos correspondientes a diferentes dosis de ácido giberélico (0, 1, 10, 100, 1.000 ó 10.000 mg L⁻¹). El ácido giberélico se aplicó de forma localizada en el momento en que cada racimo formó sus frutos, por tanto, se hicieron ocho aplicaciones (ocho racimos/planta), cada fruto recibió una sola aplicación. Al momento de la cosecha se midió la producción y posteriormente el comportamiento poscosecha durante 21 días. Los resultados indicaron que la aplicación de 100 mg L⁻¹ de ácido giberélico generó la mayor producción de calidad extra, primera, un considerable rendimiento total y una baja producción de las calidades correspondientes a frutos de menor tamaño (cuarta, tercera y segunda), lo cual hace que sea la dosis que más favorece la producción de frutos de mayor tamaño. La dosis de 10.000 mg L⁻¹ de ácido giberélico no favorece la producción de tomate, debido a que generó la menor producción total, extra, primera y altas producciones de los frutos de menor calidad (tercera y cuarta). La aplicación de ácido giberélico no produjo un efecto negativo en la calidad poscosecha de los frutos de tomate, pues no cambió significativamente la pérdida de peso, los sólidos solubles totales y la firmeza de los frutos de tomate.

¹ Consorcio Gestión Rural y Urbana Ltda., Bogotá (Colombia).

² Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Investigación Ecofisiología Vegetal, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja (Colombia).

³ Facultad de Agronomía, Programa de Doctorado en Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá; Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Investigaciones Agrícolas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja (Colombia).

⁴ Autor para correspondencia. enrique_balaguera@yahoo.com

Palabras clave adicionales: pérdida de peso, sólidos solubles totales, firmeza.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of an exogenous application of gibberellic acid on production and postharvest quality of the tomato hybrid: Ichiban. A completely randomized design with six treatments for different doses of gibberellic acid (0, 1, 10, 100, 1,000 or 10,000 mg L⁻¹) was used. The gibberellic acid was applied in a localized manner at the time that each cluster had its fruits formed, therefore, eight applications were done (eight clusters/plant), but each fruit received one application. At the time of harvest, production was measured, along with the postharvest behavior for 21 days. The results showed that an application of 100 mg L⁻¹ gibberellic acid resulted in increased production of extra quality, first; a considerable overall yield and a low production of quality corresponding to fruits of smaller sizes (fourth, third and second), which makes it the most favorable dose, producing larger fruit. The dose of 10,000 mg L⁻¹ gibberellic acid is not conducive to tomato production because it generated the lowest total production, extra, first; and high yields of lower quality fruit (third and fourth). The application of gibberellic acid did not produce a negative effect on postharvest quality of tomato fruits; and did not significantly change weight loss, total soluble solids or firmness of the tomato fruits.

Additional key words: weight loss, total soluble solids, firmness.

Fecha de recepción: 05-10-2012

Aprobado para publicación: 28-11-2012

INTRODUCCIÓN

El tomate de mesa (*Solanum lycopersicum* L.) a nivel nacional e internacional es la hortaliza con mayor área cultivada y mayor consumo. En el año 2011, a nivel mundial se tenían sembradas 4.734.356 ha con una producción de 159.023.383 t (FAO, 2012), mientras que en Colombia, para 2010, el área cultivada fue de 7.263 ha con una producción de 271.895 t (Agronet, 2012).

A pesar de que los rendimientos obtenidos para el cultivo de tomate bajo invernadero son representativos, están muy por debajo del rendimiento potencial y del obtenido por otros países, esto hace que el cultivo no le genere a los productores

una alta rentabilidad y los ingresos sean muy bajos. Para que la rentabilidad sea mayor es importante obtener frutos de los más altos calibres (extra y primera), de esta manera los costos de producción serán menores y el valor comercial de los frutos superior. Una de las técnicas que permite aumentar el tamaño de los frutos es la aplicación de ácido giberélico, pero en la zona de estudio, se desconoce la dosis que genere los resultados más favorables, por lo tanto, no se obtienen frutos del tamaño esperado y/o el fruto no madura normalmente en poscosecha y pierde su calidad comercial. Al respecto, Serrani *et al.* (2007) mencionan que esta hormona está implicada en el crecimiento y desarrollo del fruto de tomate.

Fu *et al.* (2001) describen las giberelinas como hormonas diterpenoides tetracíclicas esenciales para el normal desarrollo de las plantas. Los niveles de giberelinas en los vegetales están regulados por mecanismos homeostáticos que incluyen cambios en la expresión de una familia de enzimas de inactivación de giberelinas, conocidas como AG-2-oxidasas (Singh *et al.*, 2002). El ácido giberélico es una hormona vegetal que controla los procesos de desarrollo como germinación, elongación del tallo, tuberización, floración, crecimiento del fruto, el crecimiento en diversas especies (Olszewski *et al.*, 2002) e inducción de algunas enzimas hidrolíticas (Matsuoka, 2003). El ácido giberélico también está asociado con la división y elongación celular (Taiz y Zeiger, 2006).

Según Taiz y Zeiger (2006), el ácido giberélico puede favorecer el cuajado y crecimiento de algunos frutos como por ejemplo manzanas, además promueven el crecimiento celular debido a que incrementan la hidrólisis de almidón, fructosa y sacarosa, con lo que se originan moléculas de fructosa y glucosa, que contribuyen a la formación de la pared celular. En los frutos, el ácido giberélico es utilizado con frecuencia, ya que afecta su forma y estructura (causa alargamiento de las frutas), e influye en el desarrollo de frutos partenocárpicos. Además, está implicado en el adelgazamiento de frutas y reduce la diferenciación de yemas florales. Investigaciones han demostrado que la influencia de esta hormona se presenta principalmente en etapas tempranas de los frutos (Kondo y Mizuno, 1989).

Para aumentar el tamaño de los frutos se han utilizado comercialmente aplicaciones foliares de ácido giberélico (Facteau *et al.*, 1992). También se ha encontrado que esta hormona retrasa la maduración, aumenta la firmeza de la pulpa e incrementa del contenido de sólidos solubles (Facteau *et al.*, 1992). Usenik *et al.* (2005) demostraron que la aplicación de ácido giberélico en cerezas aumentó el rendimiento y la calidad de los frutos. En uva también existen reportes

de que las giberelinas aumentaron los rendimientos (Vieira *et al.*, 2008). Por el contrario, Paroussi *et al.* (2002) encontraron que al aplicar diferentes concentraciones de giberelinas en fresa, no se presentó un efecto positivo sobre el rendimiento.

Andrews y Shulin (1995) reportan que el ácido giberélico disminuye la actividad de la poligalacturonasa y pectinmetilesterasa, enzimas hidrolíticas que se encuentran en la pared celular e interviniendo en el ablandamiento de los frutos, manteniendo la firmeza mediante la disminución de sus actividades. El contenido de sólidos solubles totales en cerezas tratadas con giberelinas incrementó, y este aumento es proporcional a la dosis aplicada (Facteau *et al.*, 1992). En fresa, Roussos *et al.* (2008) no encontraron efecto significativo de la aplicación de reguladores de crecimiento sobre los SST.

Una mayor firmeza y un retraso en la maduración por acción de las giberelinas fue encontrado por Facteau *et al.* (1992). Con el uso de ácido giberélico al momento de la cosecha la firmeza del fruto es mayor, se disminuye la tasa de maduración y respiración de los frutos (Choi *et al.*, 2002). Para Retamales *et al.* (1995), es importante encontrar una alternativa de uso adecuada de aplicación (dosis y épocas) para las giberelinas, ya que pueden presentar algunos efectos indeseables como: reducción en la fertilidad de las plantas, aumento del vigor y mayor susceptibilidad de los frutos a las pudriciones.

En frutos de caqui se ha encontrado que la aplicación de ácido giberélico en precosecha permite retardar la velocidad de maduración, en consecuencia, se puede escalonar la cosecha y prolongar la oferta de frutos (Ben-Arie *et al.*, 1996).

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación exógena de ácido giberélico sobre la producción y calidad poscosecha de tomate cultivado en condiciones de invernadero de cubierta plástica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un invernadero de cubierta plástica en el municipio de Sutamarchán (Boyacá) que se encuentra localizado a 2.300 msnm. La temperatura y humedad relativa promedio del invernadero fueron 25°C y 78%, respectivamente. La fase de laboratorio se realizó en el laboratorio de Fisiología Vegetal de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Se utilizó un diseño completamente al azar con seis tratamientos correspondientes a diferentes dosis de ácido giberélico (0, 1, 10, 100, 1.000 ó 10.000 mg L⁻¹), estas dosis con secuencia logarítmica fueron escogidas debido a que no existen recomendaciones al respecto ya que las giberelinas se van a aplicar una sola vez por fruto. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones, para un total de 18 unidades experimentales (UE). Una UE estuvo compuesta por cuatro plantas de tomate.

Como material vegetal se utilizaron plantas de tomate larga vida híbrido Ichiban. Se utilizó ácido giberélico (GA₃) al 10% (Progibb®, Bayer CropScience, Bogotá), para la aplicación de los tratamientos se utilizó un atomizador manual de 500 mL de capacidad.

Se utilizó un cultivo comercial de tomate larga vida. El suelo del invernadero fue preparado con arado de tracción animal y luego se homogeneizó con azadón. Posteriormente se aplicó e incorporó en la siembra materia orgánica, cal agrícola, fosfato diamónico y cloruro de potasio, de acuerdo con el análisis de suelos, 20 d después, se realizó la siembra de las plántulas de aproximadamente 25 d de germinadas, las distancias de siembra utilizadas fueron 1,0 m × 0,3 m entre surcos y plantas respectivamente. La fertilización y el suministro de agua se realizaron mediante sistema de fertirriego con goteros de 4 L h⁻¹, el control fitosanitario, el tutorado, las podas y demás prácticas culturales se hicieron de acuerdo con las recomendaciones dadas para la zona.

Las plantas seleccionadas estaban completamente sanas y presentaron un crecimiento normal, como criterio de selección se tuvo en cuenta que tuvieran similar altura, diámetro de tallo, porte y número de racimos florales. Una vez seleccionadas las plantas, se procedió a aplicar el ácido giberélico de forma localizada en el momento en que cada racimo tuviera todos sus frutos formados, por tanto, se hicieron ocho aplicaciones (ocho racimos/planta), pero cada fruto recibió solo una aplicación.

Se evaluó el rendimiento del cultivo (kg ha⁻¹), para lo cual se determinó la producción de frutos por planta de acuerdo con el diámetro del fruto (tabla 1), para esto se midieron y pesaron los frutos recolectados semanalmente y se extrapoló a hectárea teniendo en cuenta que la densidad de plantación fue de 33.334 plantas/ha.

Tabla 1. Clasificación de los frutos de tomate de acuerdo al calibre.

Clasificación	Diámetro del fruto (mm)
Calibre 1 (extra)	>82
Calibre 2 (primera)	67 a 82
Calibre 3 (segunda)	57 a 67
Calibre 4 (tercera)	47 a 57
Calibre 5 (cuarta)	<47

Fuente: Adaptado de Escobar y Lee (2001).

En poscosecha, se escogieron aproximadamente 500 g de frutos calibre 3 (segunda) por UE, los frutos fueron dejados a temperatura ambiente (17°C) y se midieron las siguientes variables cada 5 d después de la cosecha: sólidos solubles totales (SST) a través de mediciones de grados Brix con un refractómetro manual marca Atago (Atago USA Inc., Bellevue, WA); firmeza del fruto (N) mediante la utilización de un penetrómetro digital PCE-PTR200 (PCE Ibérica S.L., Albacete, España); pérdida de peso (%): se midió la variación del peso fresco con balanza de precisión 0,01 g.

Para el análisis de los datos se realizó un análisis de varianza (Anava) para determinar diferencias

estadísticas entre dosis de ácido giberélico, se utilizó la prueba de comparación de promedios de Duncan con una confiabilidad del 95% para establecer la mejor dosis de esta hormona, todo con el programa SAS v. 8.1e (Cary, N.C).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la calidad extra se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0,01$), se observó que la producción aumentó hasta la aplicación de 100 mg L⁻¹ de ácido giberélico y luego disminuyó, de tal manera que con 10.000 mg L⁻¹ se obtuvo el menor rendimiento de esta calidad (figura 1A). Con diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,01$) la aplicación de 100 mg L⁻¹ generó el más alto rendimiento en la calidad primera con un rendimiento muy similar respecto a las dosis inferiores y a 1.000 mg L⁻¹ pero superior al resultado generado con 10.000 mg L⁻¹, pues esta dosis indujo la menor producción de calidad primera (figura 1B). Se evidenciaron diferencias significativas en la calidad segunda ($P \leq 0,01$). La mayor cantidad de tomate de esta calidad se obtuvo sin aplicación de ácido giberélico, mientras que la respuesta menos favorable se debió al tratamiento de 100 mg L⁻¹ de ácido giberélico (figura 1C).

La aplicación de 10.000 mg L⁻¹ de ácido giberélico generó el mayor rendimiento de la calidad tercera ($P \leq 0,01$), la respuesta contraria se obtuvo con 100 mg L⁻¹, ya que con esta dosis se obtuvo la menor producción de frutos de esta calidad (figura 1D). Para la calidad cuarta se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0,01$), con 10.000 mg L⁻¹ de ácido giberélico se obtuvo la mayor producción de esta calidad y con 100 mg L⁻¹ la menor (figura 1E). El rendimiento total de tomate presentó diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,01$), la mayor producción de tomate fue obtenida con la aplicación de 10 mg L⁻¹ de ácido giberélico, por el contrario, la producción más baja se debió a la aplicación de 10.000 mg L⁻¹ de ácido giberélico (figura 1F).

El rendimiento económico del cultivo del tomate está dado en función del número de frutos cosechados por unidad de área y sus tamaños individuales (Streck *et al.*, 1998). El tamaño del fruto es un factor de calidad sumamente importante y debe ser lo más uniforme posible durante todo el ciclo de producción, lo cual se logró con las menores dosis de ácido giberélico (1, 10 y en algunos casos 100 mg L⁻¹).

En uchuva, Amézquita *et al.* (2008) encontraron que con la aplicación de 5 mg L⁻¹ de ácido giberélico se obtuvo mayor producción total, pero con 10 mg L⁻¹ de ácido giberélico hubo mayor porcentaje de calidad extra. Por el contrario, Paroussi *et al.* (2002) registraron que al aplicar diferentes concentraciones de giberelinas en fresa no se presentó un efecto positivo sobre el rendimiento.

Según Taiz y Zeiger (2006), las giberelinas pueden favorecer el cuajado y crecimiento de algunos frutos como manzanas, además promueven el crecimiento celular debido a que incrementan la hidrólisis de almidón, fructosa y sacarosa, con lo que se originan moléculas de fructosa y glucosa, que contribuyen a la formación de la pared celular. Se ha encontrado que el ácido giberélico incrementa el crecimiento del fruto in vivo (Zabadal y Dittmer, 2000). Aplicaciones foliares de 50 a 100 mg L⁻¹ en plena floración aumentaron el tamaño de frutos de litchi (Singh y Lal, 1980). Chang y Lin (2006) reportan que la aplicación de ácido giberélico en concentraciones de 5 y 10 mg L⁻¹ generaron aumento del diámetro longitudinal, transversal y peso de los frutos de litchi.

Singh y Lal (1980) hicieron aplicaciones de 50, 100 y 150 mg L⁻¹ de ácido giberélico y encontraron respuesta favorable en el aumento del tamaño del fruto de litchi con las dos primeras concentraciones, pero con 150 mg L⁻¹ la respuesta ya no fue efectiva.

Kataoka *et al.* (2009) evaluaron el efecto de la aplicación de ácido giberélico sobre el contenido de azúcares y tamaño del fruto, los resultados in-

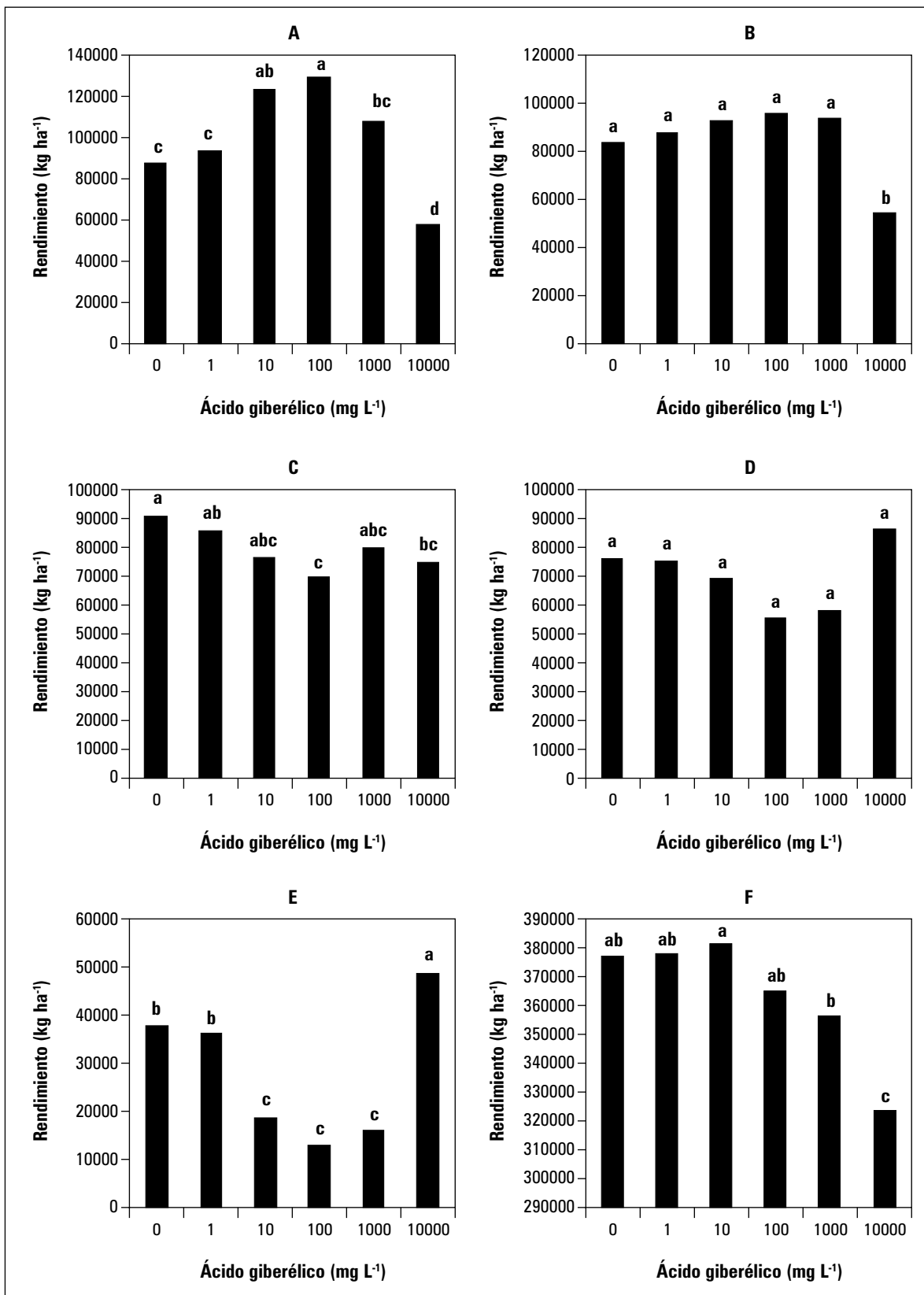


Figura 1. Efecto de la aplicación de ácido giberélico sobre el rendimiento de tomate por calidades comerciales. A. Extra, B. Primera, C. Segunda, D. Tercera, E. Cuarta y F. Total. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

dicaron que la adición de ácido giberélico aumentó el peso del fruto y el contenido de azúcares, de tal manera que con 50 mg L⁻¹ de ácido giberélico se obtuvo mayor contenido de sacarosa, glucosa, fructosa y azúcares totales. Además, los frutos tratados con la fitohormona presentaron en la maduración mayor espesor del pericarpio y área de las células respecto al testigo. Estos autores también mencionan que altas concentraciones de ácido giberélico después de la anthesis pueden aumentar la translocación de azúcares al fruto, pero que el tamaño y la concentración final de azúcares pueden además depender de otros factores. Lo anterior puede ser una posible explicación de los resultados favorables obtenidos con la aplicación de 10 y 100 mg L⁻¹ de ácido giberélico en cuanto a producción total y producción de las calidades de mayor calibre como extra y primera, en donde una mayor translocación de asimilados al fruto inducidos por la fitohormona pueden aumentar el tamaño y la producción de tomate.

Del mismo modo, estas aplicaciones de ácido giberélico pudieron modificar la relación fuente/vertedero aumentando la fuerza de los vertederos para aumentar la producción de tomate y el tamaño de los frutos. Al respecto, se entiende que la habilidad de un órgano vertedero para importar asimilados es conocida como fuerza de vertedero (Ho, 1988), esta fuerza es producto del tamaño y la actividad del vertedero (Ho, 1988; Baldet *et al.*, 2006). Se podría pensar que el ácido giberélico al menos aumentaría el tamaño de los frutos de tomate y de esta manera incrementaría la fuerza de vertedero. Lo anterior debido a que esta hormona aumenta los procesos de división y elongación celular (Taiz y Zeiger, 2006), procesos que en conjunto pueden resultar en frutos de mayor tamaño.

En frutos de pepita, el ácido giberélico es el responsable de la fuerza de vertedero (Zhang *et al.*, 2007), lo cual genera un aumento en la translocación de agua y carbohidratos hacia el fruto. Zhenming *et al.* (2008) determinaron que con 50 mg L⁻¹ de ácido giberélico se aumentó la ab-

sorción de K en frutos de uva, esto podría indicar que en tomate una mayor absorción de K en los frutos generaría aumento en la translocación de azúcares que aumentarían el tamaño de los mismos, tal como se evidenció con la aplicación de 10 y 100 mg L⁻¹ de ácido giberélico.

La aplicación de 100 mg L⁻¹ de ácido giberélico generó la mayor producción de calidad extra, primera, un considerable rendimiento total y una baja producción de las calidades correspondientes a frutos de menor tamaño que son cuarta, tercera y segunda, lo cual hace que sea la dosis que favorezca la producción de frutos de mayor tamaño. Producir frutos de mayor tamaño tiene la ventaja de que estos tienen mayor precio de venta en el mercado, pero además, el predominio de frutos grandes facilita labores como la recolección, limpieza, selección y empaque, entre otras, lo que genera disminución en los costos de producción y disminuye el trabajo, por tanto, con esta dosis de ácido giberélico se obtienen muchas ventajas en el sistema de producción, y es posible que al realizar un análisis económico presente mayor rentabilidad que los demás tratamientos así la producción total no sea la más alta.

Similar a lo encontrado en el presente estudio, Amarante *et al.* (2005) encontraron que con la aplicación de 100 mg L⁻¹ de ácido giberélico se aumentó significativamente el tamaño de los frutos de durazno, lo cual se debió, según los autores a un aumento en la elongación celular de los frutos. En uva, tratamientos con giberelinas aumentaron el peso fresco y seco de las bayas (Wu *et al.*, 2001), y también los rendimientos (Vieira *et al.*, 2008). Además, en lima Tahití, Sanches *et al.* (2001) establecieron que a medida que se aumentó la dosis de giberelinas de 0 a 80 mg L⁻¹ se aumentó la producción por planta.

Los resultados obtenidos indican claramente que aplicaciones altas de ácido giberélico no favorecen la producción y tamaño de los frutos de tomate, con 1.000 y 10.000 mg L⁻¹ de ácido giberélico se evidenció una disminución en la

producción total y extra y un aumento en general de las categorías de frutos de menor tamaño (figura 1). Es posible que se haya presentado un exceso con las dosis mencionadas, las cuales afectaron negativamente el desarrollo del fruto, además, con 10.000 mg L⁻¹ de ácido giberélico se observaron lesiones en la epidermis del fruto, agrietamientos y manchas en el pedúnculo, lo cual disminuye marcadamente la calidad de los frutos, por tanto, esta dosis definitivamente no se recomienda para los frutos de tomate, así mismo, como es una dosis tan alta aumenta bastante los costos de producción, la dosis de 1.000 mg L⁻¹ de ácido giberélico tampoco se recomienda. En concordancia, Gustafson (1960) encontró que esta hormona disminuyó el tamaño de los frutos en tomate.

La pérdida de peso de los frutos de tomate en poscosecha bajo todos los tratamientos fue constante y casi lineal. No se presentaron diferencias significativas con las aplicaciones de ácido giberélico en ninguno de los muestreos, a pesar de esto, la tendencia fue de mayor pérdida de peso

con 10.000 mg L⁻¹ de ácido giberélico (28,91% al final) y menor pérdida sin aplicación con 14,71% (figura 2). Pérdidas de peso similares fueron reportadas por Casierra-Posada y Salamanca (2008) en frutos de fresa tratados en precosecha con ácido giberélico y nitrato de calcio en diferentes concentraciones.

La pérdida de peso es uno de los mayores limitantes en la poscosecha de productos agrícolas, no solo porque se disminuye la calidad del producto al presentarse baja turgencia del fruto, sino también porque se pierde producto comercial al presentarse disminución del peso, factores que se traducen en pérdidas económicas. Las pérdidas de peso tienen dos causas, la primera es la respiración, proceso que convierte las reservas del fruto (carbohidratos, proteínas, lípidos, etc.) en energía; y la segunda son las pérdidas por transpiración (Pantástico, 1981).

Uno de los objetivos de esta investigación era conocer el efecto poscosecha de las aplicaciones de ácido giberélico con el fin de observar los po-

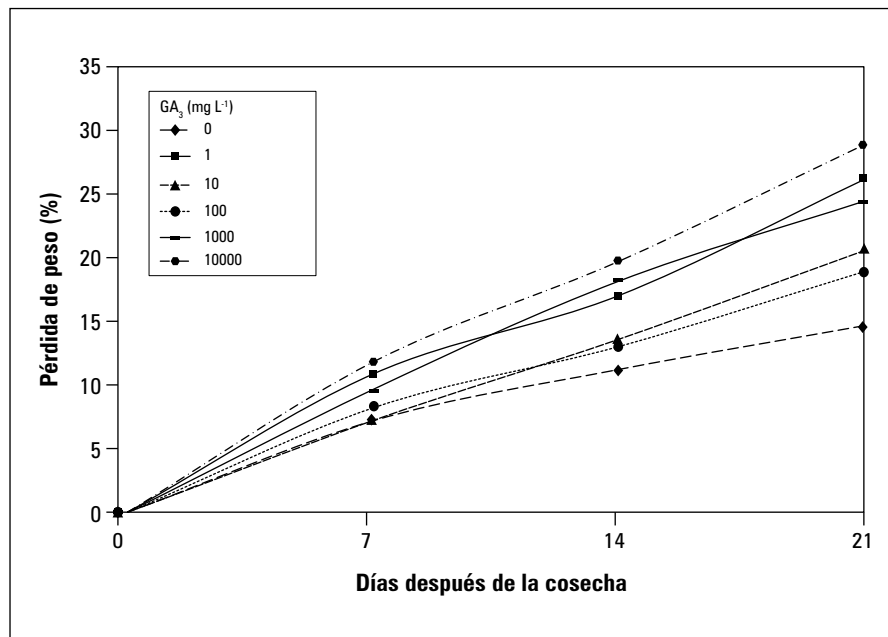


Figura 2. Efecto de la aplicación de ácido giberélico sobre la pérdida de peso de frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en poscosecha.

sibles efectos negativos que pudieran tener estas aplicaciones. Lo interesante fue que los resultados fueron estadísticamente similares, es decir, que esta hormona, al menos en las dosis aplicadas no afectó negativamente los frutos de tomate, teniendo como referencia la pérdida de peso. Sin embargo, a los 21 d después de la cosecha, se observó mediante análisis visual que los frutos a los que se les aplicó 1.000 y 10.000 mg L⁻¹ de ácido giberélico presentaron un aspecto desfavorable que posiblemente no permiten el consumo de estos frutos, los cuales mostraron pérdida de brillo, arrugamiento, presencia de hongos y agrietamiento, en los demás tratamientos, los frutos aún permanecían aptos para el consumo y con una apariencia buena.

Los SST durante la poscosecha no presentaron una tendencia clara en los diferentes tratamientos, en algunos permaneció casi constante (10 y 10.000 mg L⁻¹ de ácido giberélico), mientras que en otros fue errático pues presentó aumentos y disminuciones sin un patrón definido de comportamiento (0, 1 y 1.000 mg L⁻¹ de ácido

giberélico), por su parte, con 100 mg L⁻¹ de ácido giberélico los SST disminuyeron. Sin embargo, no hubo presencia de diferencias significativas durante todo el almacenamiento, los valores oscilaron entre 4,3 y 5,4° Brix (figura 3) y coinciden con los reportados por Casierra-Posada y Aguilar (2008) para tomate larga vida híbridos Marimba, Sofía y Bravona, por Casierra-Posada *et al.* (2007) en los híbridos Sofía, Bravona y Granitio y por Casierra y Cardozo (2009) en el cv Quindío para siembra en campo abierto.

El resultado obtenido con la aplicación del ácido giberélico no es muy claro porque su acción fisiológica sobre los frutos de tomate puede tener efectos diferentes, por ejemplo, puede disminuir la acumulación de SST porque retrasa la maduración y la respiración de los frutos (Choi *et al.*, 2002), además, esta hormona puede aumentar la cantidad de agua en los frutos (Usenik *et al.*, 2005) para aumentar la elongación de las células (Taiz y Zeiger, 2006), lo cual puede generar una dilución en los SST (Amézquita *et al.*, 2008), sin embargo, de manera contraria a lo anterior, el

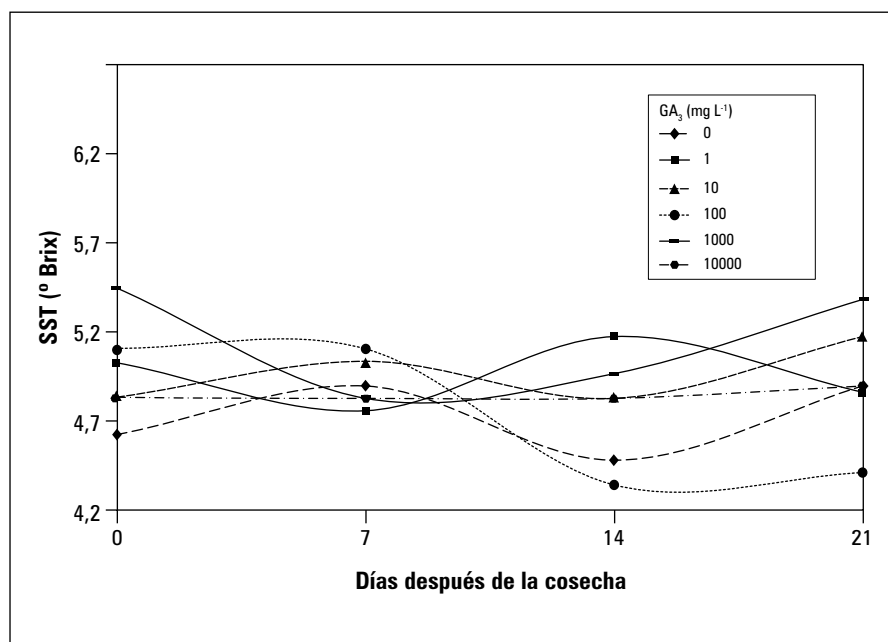


Figura 3. Efecto de la aplicación de ácido giberélico sobre los sólidos solubles totales de frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en poscosecha.

ácido giberélico también tiene la capacidad de estimular la degradación del almidón en azúcares solubles, proceso que aumentaría los SST.

Estudios indican que el contenido de SST en cerezas tratadas con giberelinas incrementó, y este aumento fue proporcional a la dosis aplicada (Facteau *et al.*, 1992). Al respecto, Podestá *et al.* (2001) encontraron que en cerezas hubo mayor contenido de SST con aplicaciones de giberelinas y en este caso se debió a que los frutos tratados estuvieron más tiempo en el árbol y además el regulador de crecimiento podría aumentar la tasa de acumulación de azúcares hacia los frutos.

Resultados que concuerdan con lo encontrado en esta investigación fueron reportados en fresa, pues Roussos *et al.* (2008) no encontraron efecto significativo de la aplicación de reguladores de crecimiento sobre los SST, lo cual coincide con lo encontrado por Casierra- Posada y Salamanca (2008) en la misma especie bajo la aplicación precosecha de ácido giberélico y nitrato de calcio.

Amézquita *et al.* (2008) también encontraron que diferentes dosis de ácido giberélico aplicados en precosecha a frutos de uchuva no afectaron significativamente el contenido de SST.

Respecto a la firmeza, no se presentaron diferencias estadísticas significativas en ninguno de los muestreos. La firmeza en todos los tratamientos se caracterizó por disminuir durante la poscosecha, esta disminución fue alta de los 0 a los 7 días después de la cosecha, después de este momento, la disminución fue baja, al final, la firmeza estuvo entre 21,87 y 26,42 N (figura 4).

Con el uso de ácido giberélico al momento de la cosecha la firmeza del fruto es mayor, se disminuye la tasa de maduración y respiración de los frutos (Choi *et al.*, 2002), por tanto, se esperaba que por lo menos con una dosis de ácido giberélico se obtuviera estadísticamente mayor firmeza, sin embargo, es posible que el efecto no fuera significativo porque el híbrido utilizado de tomate larga vida se caracterizó por presentar alta firmeza y baja tasa de ablandamiento en

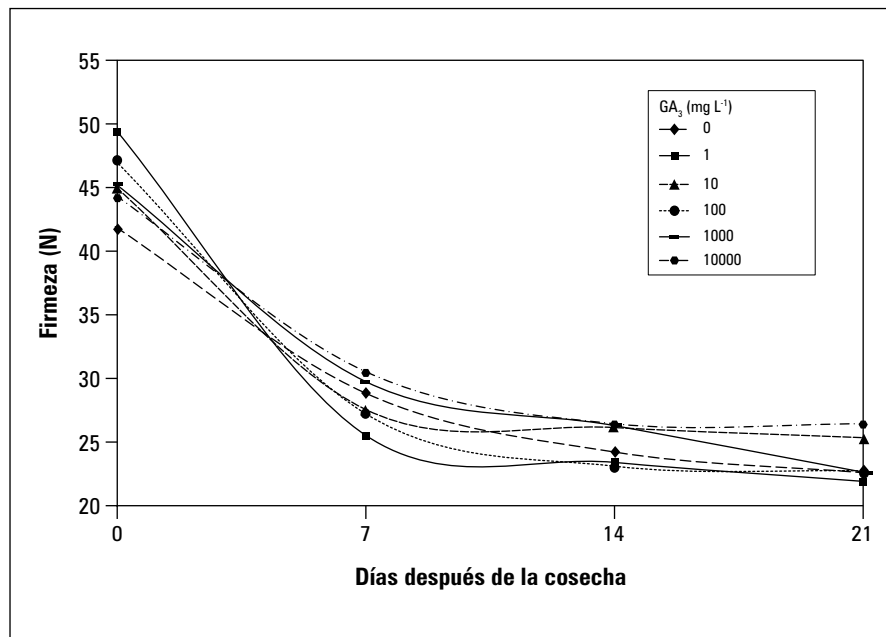


Figura 4. Efecto de la aplicación de ácido giberélico sobre la firmeza de frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en poscosecha.

poscosecha, lo cual probablemente disminuyó el efecto del ácido giberélico aplicado.

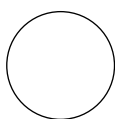
Al respecto, Facticeau *et al.* (1992) encontraron que esta hormona retrasa la maduración, aumenta la firmeza de la pulpa e incrementa el contenido de sólidos solubles. Andrews y Shulin (1995) establecieron que el ácido giberélico disminuye la actividad de la poligalacturonasa y pectinmetilesterasa, enzimas hidrolíticas que se encuentran en la pared celular y que intervienen en el ablandamiento de los frutos.

En uchuva, Amézquita *et al.* (2008) encontraron que la aplicación precosecha de ácido giberélico en dosis de 10 y 15 mg L⁻¹ presentó una respuesta favorable en la firmeza de los frutos, sin embargo, esta respuesta no fue estadísticamente superior al testigo, lo cual concuerda con lo que se encontró en este estudio para los frutos de tomate. Amarante *et al.* (2005) también encontraron un aumento en la firmeza de frutos de durazno con aplicación de ácido giberélico al igual que Kappel y MacDonald (2002) y Usenik *et al.* (2005) en frutos de cereza. El uso de ácido giberélico incrementó la firmeza de frutos de cereza en la cosecha, disminuyó la tasa de ablandamiento de los frutos

y retrasó la madurez en genotipos de madurez tardía, pero no hubo efecto significativo en frutos de madurez temprana (Choi *et al.*, 2002). En esta misma especie, Clayton *et al.* (2003) confirman que el ácido giberélico mantuvo por más tiempo la firmeza en los frutos durante el almacenamiento.

CONCLUSIONES

La aplicación de 100 mg L⁻¹ de ácido giberélico generó la mayor producción de calidad extra, primera, un considerable rendimiento total y una baja producción de las calidades correspondientes a frutos de menor tamaño (cuarta, tercera y segunda), y fue la dosis que más favoreció la producción de frutos de mayor tamaño. La dosis de 10.000 mg L⁻¹ de ácido giberélico no es recomendable para la producción de tomate, esto debido a que originó la menor producción total, extra, primera y altas producciones de los frutos de menor calidad (tercera y cuarta). La aplicación de ácido giberélico no produjo un efecto negativo en la calidad poscosecha de los frutos de tomate, pues no cambió significativamente la pérdida de masa, los SST y la firmeza de los frutos de tomate.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agronet. 2012. Área cosechada, producción y rendimiento de tomate. En: <http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/ReportesAjax/VerReporte.aspx>; consulta: octubre de 2012.
- Amarante, C.V.T., A.M.F. Drehmer, F. De Souza y P. Francescato. 2005. Pulverização pré-colheita com ácido giberélico (GA₃) e aminoetoxivinilglicina (AVG) retarda a maturação e reduz as perdas de frutos na cultura do pessegueiro. *Rev. Bras. Frutic.* 27(1), 1-5.
- Amézquita, N., H.E. Balaguera-López y J.G. Álvarez-Herrera. 2008. Efecto de la aplicación precosecha de giberelinas y calcio en la producción, calidad y rajado del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Rev. Colomb. Cienc. Hortíc.* 2(2), 133-144.
- Andrews, P.K. y L. Shulin. 1995. Cell wall hydrolytic enzyme activity during development of nonclimacteric sweet cherry (*Prunus avium* L.) fruit. *J. Hort. Sci.* 70 (4), 561-567.
- Baldet, P., M. Hernould, F. Laporte, F. Mounet, D. Just, A. Mouras, C. Chevallier y C. Rothan. 2006. The expression of cell proliferation-related genes in early developing flowers is affected by a fruit load reduction in tomato plants. *J. Exp. Bot.* 57, 961-970.
- Ben-Arie, R., Y. Saks, L. Sonogo y A. Frank. 1996. Cell wall metabolism in gibberellin-treated persimmon fruits. *Plant Growth Regul.* 19, 25-33.
- Casierra, F. y M.C. Cardozo. 2009. Análisis básico del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon escu-*

- lentum* Mill. cv. Quindío) cultivado a campo abierto. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín 62(1), 4815-4822.
- Casierra-Posada, F. y R. Salamanca. 2008. Influencia del ácido giberélico y del nitrato de calcio sobre la duración poscosecha de frutos de fresa (*Fragaria* sp.). Rev. Colomb. Cienc. Hortíc. 2(1), 33-42.
- Casierra-Posada, F. y O. Aguilar-Avendaño 2008. Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. Agron. Colomb. 26(2), 300-307.
- Casierra-Posada, F., M.C. Cardozo y J.F. Cárdenas-Hernández. 2007. Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. Agron. Colomb. 25(2), 299-305.
- Chang, J.C. y T.S. Lin. 2006. GA₃ increases fruit weight in 'Yu Her Pau' litchi. Sci. Hortic. 108, 442-443.
- Choi, C., P.A. Wiersma, P. Toivonen y F. Kappel. 2002. Fruit growth, firmness and cell wall hydrolytic enzyme activity during development of sweet cherry fruit treated with gibberellic acid (GA₃). J. Hort. Sci. Biotechnol. 77(5), 615-621.
- Clayton, M., W.V. Biasi, I.T. Agar, S.M. Southwick y E.J. Mitcham. 2003. Postharvest quality of 'Bing' cherries following preharvest treatment with hydrogen cyanamide, calcium ammonium nitrate, or gibberellic acid. HortScience, 38(3), 407-411.
- Escobar, H. y R. Lee. 2001. Producción de tomate bajo invernadero. Cuadernos del centro de investigaciones y asesorías agroindustriales CIIA. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- Facteau T.J., N.E. Chestnut, K.E. Rowe y C. Payne. 1992. Brine quality of gibberellic acid-treated 'Napoleon' sweet cherries. HortScience 27(2), 118-122.
- FAO. 2012. Estadísticas cultivo de tomate. En: www.faostat3.fao.org/home/index_es.html; consulta, octubre de 2012.
- Fu, X., D. Sudhakar, J. Peng, D.E. Richard, P. Christou y N. Haarberd. 2001. Expression of Arabidopsis AGI in transgenic rice represses multiple gibberellin responses. Plant Cell 13, 1791-1802.
- Gustafson, F.G. 1960. Influence of gibberellic acid on setting and development of fruits in tomato. Plant Physiol. 35(4), 521-523.
- Ho, L.C. 1988. Metabolism and compartmentation of imported sugars in sink organs in relation to sink strength. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 39, 355-378.
- Kappel, F. y R. MacDonald. 2002. Gibberellic acid increases fruit firmness, fruit size, and delays maturity of 'Sweetheart' sweet cherry. J. Amer. Pomol. Soc. 56(4), 219-222.
- Kataoka, K. Y. Yashiro, T. Habu, K. Sunamoto y A. Kitajima. 2009. The addition of gibberellic acid to auxin solutions increases sugar accumulation and sink strength in developing auxin-induced parthenocarpic tomato fruits. Sci. Hortic. 123, 228-233.
- Kondo, S. y N. Mizuno. 1989. Relation between early drop of apple fruit and endogenous growth regulators, and effects of MCPB, GA₃ plus GA₄ and BA sprays on fruit abscission. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 58, 9-16.
- Matsuoka, M. 2003. Gibberellins signaling: how do plant cells respond to GA signals? Plant Growth Regul. 22, 123-125.
- Olszewski N, T.P. Sun y F. Gubler. 2002. Gibberellin signalling, biosynthesis, catabolism, and response pathways. Plant Cell (Suppl.) 14, 561-580.
- Pantástico, E.R. 1981. Fisiología de postrecolección. Vol.1. Ed. Limusa S.A., México.
- Paroussi, G., D.G. Voyiatzis, E. Paroussi y P.D. Drogour. 2002. Growth, flowering and yield responses to GA₃ of strawberry grown under different environmental conditions. Sci. Hortic. 9, 103-113.
- Podestá, L., F. Gil, M. Rodríguez y C. Arjona. 2001. Efecto del ácido giberélico y del calcio sobre el tamaño, agrietamiento y otros parámetros de calidad en frutos de cerezo (*Prunus avium* L.) cv. Bing. Invest. Agr. Prod. Prot. Veg. 16 (1), 37-48.
- Retamales, J., F. Bangerth, T. Cooper y R. Callejas. 1995. Effects of CPPU and GA₃ on fruit quality of sultana table grape. Acta Hort. 394, 149-157.
- Roussos, P.A., N.K. Denaza y T. Damvakaris. 2008. Strawberry fruit quality attributes alter application of plant growth stimulating compounds. Sci. Hortic. 119(2), 138-146.
- Sanches, F.R., I.C. Leite y P.R.C.E. Castro. 2001. Efeito do ácido giberélico (AG₃) na floração e produção da lima ácida 'tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.). Rev. Bras. Frutic. 23(3), 504-509.
- Serrani, J.C., R. Sanjuan, O. Ruiz-Rivero, M. Fos y J.L. García-Martínez. 2007. Gibberellin Regulation of Fruit Set and Growth in Tomato. Plant Physiol. 145, 246-257.
- Singh, D.P., A.M. Jermakow y S.M. Swain. 2002. Gibberellins are required for seed development and

- pollen tube growth in *Arabidopsis*. *Plant Cell* 14, 3133-3147.
- Singh, U.S. y R.K. Lal. 1980. Influence of growth regulators on setting, retention, and weight of fruits in two cultivars of litchi. *Sci. Hortic.* 12, 321-326.
- Streck, N.A., G.A. Buriol, J.L. Andriolo y M.A. Sandri. 1998. Influência da densidade de plantas e da poda apical drástica na produtividade do tomateiro em estufa de plástico. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 33(7), 1105-1112.
- Taiz, L. y E. Zeiger. 2006. *Plant physiology*. 4th ed. Sinauer Associates Publishers, Sunderland, MA.
- Usenik, V., D. Kastelec y F. Tampar. 2005. Physicochemical changes of sweet cherry fruits related to application of gibberellic acid. *Food Chem.* 90(4), 663-671.
- Vieira, C.R.Y., E.J. Pires, M.M. Terra, M.A. Tecchio y R.V. Botelho. 2008. Efeitos do ácido giberélico e do thidiazuron sobre as características dos frutos e do mosto da uva 'Niagara Rosada'. *Rev. Bras. Frutic.* 30(1), 12-19.
- Wu, J., J.H. Zhong, K. Xu, Q.P. Wei y Z.L. Wei. 2001. Effect of exogenous GA₃ on fruit development and endogenous hormones in Fujiminori grape. *J. Fruit Tree* 18 (4), 209-212.
- Zabadal, T.J. y T.W. Dittmer. 2000. Influence of gibberellic acid sprays on berry size and shot berry on 'Vanessa' grapevines. *Acta Hort.* 527, 153-156.
- Zhang, C., K. Tanabe, F. Tamura, A. Itai y M. Yoshida. 2007. Roles of gibberellins in increasing sink demand in Japanese pear fruit during rapid fruit growth. *Plant Growth Regul.* 52, 161-172.
- Zhenming, N., X. Xuefeng, W. Yi, L. Tianzhong, K. Jin y H. Zhenhai. 2008. Effects of leaf-applied potassium, gibberellin and source-sink ratio on potassium absorption and distribution in grape fruits. *Sci. Hortic.* 115 164-167.