

Efecto del ácido giberélico en el crecimiento, rendimiento y calidad del tomate bajo condiciones controladas

Gibberellic acid effect on growing, quality and yielding of tomato plants under controlled conditions

Ariel Serna¹, Alejandro Hurtado-Salazar^{2*}, Nelson Ceballos-Aguirre²

Recibido para publicación: Febrero 24 de 2017 - Aceptado para publicación: Mayo 18 de 2017

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar el efecto del ácido giberélico AG_3 sobre el desarrollo, rendimiento y calidad del tomate bajo condiciones controladas. El estudio se llevó a cabo en la Granja Tesorito propiedad de la Universidad de Caldas ubicada en el municipio de Manizales (Colombia). El diseño experimental fue completo al azar con un arreglo factorial 2x4 con dos híbridos ("Alboran" y "Torrano") y cuatro concentraciones de ácido giberélico AG_3 (0, 50, 100 y 150 ppm), con 4 repeticiones y como unidad experimental se evaluaron 9 plantas por repetición. Las variables evaluadas fueron: altura cm, la aparición de la última flor (días), número de racimos, longitud de entrenudos cm, rendimiento, producción de calidades y pérdidas en $kg\ ha^{-1}$. Los resultados demostraron una relación inversa para el rendimiento y días a última floración para ambos híbridos a las concentraciones evaluadas de AG_3 , donde el híbrido tipo milano "Alboran" a concentraciones de 0 ppm mostró la producción más alta con $19660,1\ Kg\ ha^{-1}$, y el mayor tiempo a última floración con 98 días. Comportamiento similar del híbrido "Torrano" a concentración de 0 ppm, arrojó una producción superior con $16261,8\ Kg\ ha^{-1}$ y 98 días a última floración. Las concentraciones de aplicación de la hormona evaluada en el presente estudio mostraron un efecto de detrimento sobre el rendimiento y la calidad del cultivo.

Palabras clave: Fitorreguladores, reguladores de crecimiento, *Lycopersicon esculentum* Mill.

ABSTRACT

This study aims at evaluating the effect of gibberellic acid AG_3 on tomato development, yield and quality under controlled conditions. The study was carried out in the Granja Tesorito property of the University of Caldas located in the municipality of Manizales (Colombia). The experimental design was randomized completely with a 2x4 factorial arrangement with two hybrids ("Alboran" and "Torrano") and four concentrations of gibberellic acid AG_3 (0, 50, 100 and 150 ppm), with 4 replicates and as an experimental unit 9 plants were evaluated per replicate. The variables evaluated were: height cm, appearance of the last flower (days), number of clusters, length of internodes cm, yield, quality production and losses in $kg\ ha^{-1}$. The results showed an inverse relation between the yield and days at the last bloom for both hybrids at the evaluated concentrations of AG_3 , where the "Alboran" milano hybrid at concentrations of 0 ppm showed the highest production with $19660,1\ kg\ ha^{-1}$, and the highest time to last bloom with 98 days. Similar behavior of the "Torrano" hybrid at a concentration of 0 ppm was found, yielded a superior yield with $16261.8\ kg\ ha^{-1}$ and 98 days at last flowering. The hormone application concentrations evaluated in the present study showed a detrimental effect on yield and crop quality.

Key words: Shytogulators, growth regulators, *Lycopersicon esculentum* Mill.

¹ Ingeniero Agrónomo. Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa Ingeniería Agronómica, Manizales - Caldas, Colombia.

^{2*} Ph.D, Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Producción Agropecuaria, Universidad de Caldas, Calle 65 N° 26 -10, Apartado aéreo 275, Manizales - Caldas, Colombia. alhuza@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En Colombia la superficie de producción de tomate para el año 2013 fue de 16.470 ha con 683.538 toneladas cosechadas (FAOSTAT 2016) y la producción bajo cubierta ha crecido durante la última década, con la respectiva derivación de la necesidad de mayor conocimiento e investigación relativos a su sistema de producción (Arbeláez et al. 2016).

La producción de tomate es común en casi todas las zonas de Colombia, no obstante se concentra, principalmente, en los departamentos de Cundinamarca, Norte de Santander, Valle de Cauca, Boyacá, Huila, Antioquia, Risaralda y Caldas (Miranda et al. 2009).

El cultivo de tomate bajo cubierta ha tenido un crecimiento acelerado en Colombia, principalmente en el Municipio de Sutamarchán y la provincia de Ricaurte (Boyacá), donde en los últimos años se ha aumentado el área sembrada hasta alcanzar 1.009 ha bajo cubierta.

De acuerdo con Perilla et al. (2011), la producción del tomate en Colombia se ha caracterizado en los últimos años por un buen ritmo de crecimiento, como resultado del mejoramiento de los circuitos comerciales y la tecnificación de los cultivos. Las mejoras tecnológicas de los cultivos se ven representadas en la producción bajo invernadero, implementación de estrategias de manejo integrado de plagas, nutrición, uso de buenas prácticas agrícolas.

Uno de los mayores desafíos para la agricultura es el desarrollo de sistemas sostenibles y respetuosos con el medio ambiente para abordar la necesidad de alimentar a la creciente población mundial, bajo una premisa fundamental que es aumentar el rendimiento de los cultivos y proteger lo que producimos, resumiéndose en producir “más con menos” (Carvalho y Vasconcelos 2013; IFPRI 2014).

Una de las soluciones más innovadoras y prometedoras para abordar estos importantes desafíos consiste en el uso de reguladores de crecimiento, denominados “sustancias orgánicas que favorece o inhibe los procesos celulares de división, alargamiento, proliferación de los vegetales, normalmente sintéticas, que controlan el crecimiento de plantas” (Talaat et al. 2013).

Es así, como en Colombia, algunos cultivos (papa, flores, soya, entre otros) han alcanzado altos niveles tecnológicos alcanzando alta productividad y ya no estar limitados por causas nutricionales o hídricas, lo que ha llevado al uso de reguladores de crecimiento (González et al. 2007).

Las fitohormonas son sustancias químicas producidas por las plantas, clasificadas en auxinas, giberelinas, citosinas, abscisinas y etileno, son principalmente caracterizadas por ejercer un efecto estimulador o inhibidor dependiendo de la concentración de la misma, además de actuar cada una en diversos órganos de la planta (Bari y Jones 2009). Después de su formación, son trasladadas a diversas partes de la planta, en pequeñas cantidades (entre 10^{-9} M a 10^{-6}), regulando la calidad como la cantidad de crecimiento y desarrollo, etapas de floración, maduración de frutos y la senescencia, como respuestas fisiológicas de la planta (Nemhauser et al. 2006).

Las hormonas vegetales como regulares de crecimiento son moléculas presentes en cantidades residuales. Cambios en la concentración hormonal y la sensibilidad de los tejidos pueden mediar una amplia gama de procesos de desarrollo en plantas, muchos de los cuales implican interacciones biosintéticas, catabólicas, que juntas controlan la homeostasis de las fitohormonas (Bertolini et al. 2010). Los efectos de las hormonas vegetales aislados han sido ampliamente estudiados y conocidos, reflejando efectos tanto positivos

como negativos de acuerdo con las cantidades aplicadas, período de aplicación, zona de aplicación y cultivos (Salisbury y Ross, 2000).

Los cambios en las concentraciones hormonales pueden intervenir en una variedad de procesos de desarrollo de las plantas, muchos de los cuales implican interacciones con los factores ambientales (Bertolin et al. 2010). En la mayoría de las plantas, el papel de las giberelinas está asociado con la promoción del crecimiento del tallo. Plantas sometidas a la aplicación de giberelinas pueden ser inducidas a lograr un mayor crecimiento en su altura (Taiz y Zeiger 2004). Para Larcher (2006), la acción de las hormonas vegetales depende de la etapa de desarrollo y de la actividad de la planta, de estímulos externos, de la parte de la planta que está recibiendo el estímulo y el tiempo de este impacto.

El uso de reguladores de crecimiento de las plantas o bioreguladores en la agricultura ha sido un medio para promover aumentos cuantitativos y cualitativos de la producción agrícola, ya que cuando estas sustancias se aplican directamente a las plantas, promueven cambios en los procesos vitales y estructurales, aumentando el contenido de sacarosa, además de los rendimientos de los cultivos (Caputo et al. 2007). Debido a los beneficios que estas sustancias aportan a las plantas cultivadas, también se han estudiado combinaciones de estos productos.

Estas mezclas se denominan estimulantes de plantas o bioestimulantes y son eficaces cuando se aplican en pequeñas dosis, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de la planta incluso en condiciones ambientales adversas (Magalhães et al. 2016).

Silva et al. (2011) estudiaron los efectos de cuatro fitoreguladores que han tenido éxito en la flor de girasol (*Helianthus annuus* L.), estudiaron las características morfológicas y el rendimiento de esta planta, comprobando que las giberelinas

son un óptimo regulador de crecimiento de la planta. Por otro lado, González et al. (2007) al trabajar específicamente con ácido giberélico en el crecimiento de coliflor (*Brassica oleraceae* L.), demostraron que una dosis de 25 mg L⁻¹ de AG₃ fue la más apropiada para inducir la floración y obtener mayor altura de planta, mientras que la dosis de 5 mg L⁻¹ de AG₃ permitió acumular mayor cantidad de biomasa. Según Taiz y Zeiger (2004), el ácido giberélico puede 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 origina moléculas de fructosa y glucosa, que contribuyen a la formación de la pared celular. Además tiene aplicaciones comerciales en la producción de uva sin semillas y en la de manzanas, para aumentar el tamaño y la calidad de las mismas, mientras que en los cítricos autoincompatibles incrementan el cuajado del fruto. En general, las AG's son capaces de estimular el cuajado de especies que contienen un número reducido de óvulos, como el melocotón, el albaricoque o la cereza. En los cítricos, el cambio de coloración de verde a naranja se retrasa con AG's, un tratamiento que además previene diversas alteraciones de la corteza (Taiz y Zeiger 2004).

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la aplicación del ácido giberélico (AG₃) sobre el desarrollo, rendimiento y calidad del tomate bajo condiciones controladas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Granja Tesorito propiedad de la Universidad de Caldas, ubicada en el municipio de Manizales, departamento de Caldas (Colombia), localizada a una altura de 2340 msnm, con una temperatura media anual de 17,5 °C, humedad relativa del 78%, precipitación anual de 2000 mm, brillo solar al año de 1473 horas (Anuario meteorológico Cafetero 2012, 2013) y suelos Andisoles derivados

de cenizas volcánicas con textura Franco-Arenosa rico en materia orgánica (12,6%).

Los materiales vegetales evaluados fueron los híbridos chonto (Torrano) y un tipo milano (Alboran RZ). El estudio fue establecido bajo un sistema de producción con condiciones semicontroladas con una cubierta plástica tipo AgrocLEAR® y en el suelo con cobertura plástica tipo Agromoulch X® (negro/negro) para prevenir aparición de arvenses y mantener una buena humedad en el suelo, en dos módulos de invernaderos de 12 m x 40 m (480 m²) para un área total de 960 m² con un diseño en "capilla a dos aguas" con una estructura hecha en guadua.

Las distancias de siembra utilizadas fueron 1,2 m entre surcos y 0,35 m entre plantas para un total de 23.809 plantas por hectárea, en un diseño experimental completo al azar (DCA) con un arreglo factorial 2x4 con dos híbridos y cuatro concentraciones de ácido giberélico Proggib® al 10% de AG₃) (0, 50, 100 y 150 ppm), con 4 repeticiones y como unidad experimental se evaluaron 9 plantas por repetición. La aplicación se realizó vía foliar en pre - floración.

Al momento de la siembra se utilizaron bandejas de 72 lóculos para cada una de las introducciones elites, previa desinfección de bandejas con una solución de Yodo agrícola (5 cc l⁻¹, las cuales se sumergieron durante un minuto en esta solución.

El sustrato usado fue turba Klasman® (No 3), inoculada con Trichoderma sp® (8 g l⁻¹), se sembró una semilla por lóculo a una profundidad de 5 mm, posteriormente fueron cubiertas durante ocho días con papel periódico húmedo. Durante todo el periodo de plantulización se garantizó la humedad a capacidad de campo, la duración de esta fase de plantulación en promedio fue de 32 días.

Una semana antes del trasplante se realizó el control de arvenses y recolección de residuos de cosecha del cultivo anterior. Posteriormente se realizó la incorporación de materia orgánica (kikes® menor al 14% humedad) y cal dolomita a razón de 1,5 t ha⁻¹ y 1 t ha⁻¹ respectivamente. Posteriormente, se realizó un riego hasta llevar a capacidad de campo el suelo, quedando dispuesto para la instalación del mulch y trasplante de las plántulas. Igualmente las plántulas fueron sometidas a un proceso de endurecimiento del sistema radicular mediante estrés hídrico dos días antes de su trasplante definitivo en campo, mientras que el suelo del invernadero se colocó a capacidad de campo. Finalmente, el trasplante se realizó 32 días después de realizado el semillero.

La nutrición del cultivo se llevó a cabo con los resultados del análisis de suelo y extracción del cultivo. Se realizaron dos fertilizaciones edáficas durante el ciclo del cultivo, una al momento del trasplante y la segunda 40 días después del trasplante a razón de 20 g/planta de la fuente 10-20-20 + 2 g/planta de micorrizas y la mezcla de 2.4 g/planta (10-20-20) + 5,9 g/planta (KCl) + 11,8 g/planta (urea) + 5,9 g/planta (KNO₃), respectivamente.

El sistema de irrigación fue por goteo mediante cintas de riego, con distancia entre goteros de 30 cm y un aforo promedio por gotero de 30 cc min⁻¹, donde se suplió las necesidades hídricas de las plantas de acuerdo a las fases fenológicas del cultivo, iniciando en las primeras semanas para cada planta con 0,2 L día⁻¹ y terminado con 1,5 L día⁻¹.

El sistema de tutorado fue a tres ejes y se realizó a partir de la tercera semana después del trasplante (semana tres - primer eje, semana cinco - segundo eje y semana siete - tercer eje). A medida que la planta fue creciendo semanalmente se guio al hilo tutor, se deschuponaba y deshojaba.

El corte de la yema apical de las plantas, se realizó cuando estas llegaron a la altura del hilo tutor (2,2 m de altura). La época de aplicación de los diferentes tratamientos fue en el momento de inicio de la floración para cada uno de los híbridos.

La cosecha inicio a los 119 días después del trasplante, retirando el fruto del pedúnculo dejando el cáliz. El índice de cosecha utilizado fue cuando los frutos obtuvieran un grado de madurez superior al 90%. La recolección se hizo una vez por semana durante 89 días para un total de 16 pases de cosecha en todo el ciclo productivo.

La cosecha se realizó a los 120 días después del trasplante de los materiales en campo, en donde se hicieron dos pases semanales de cosecha y se definieron cuatro calidades de acuerdo con cada híbrido según el peso. Para "Alboran" la primera, segunda y tercera calidad el peso de clasificación comprendió entre (>150 g), (110 a 150 g) y (60 a 110 g), respectivamente. Para "Torrano" la primera, segunda y tercera calidad el peso de clasificación comprendió entre (>90 g), (70 a 90 g) y (30 a 70 g), respectivamente.

Las variables evaluadas fueron: altura (cm), la aparición de la última flor (días), número de racimos, longitud de entrenudos (cm), rendimiento, producción de calidades y

perdidas en kg ha⁻¹. Los datos obtenidos fueron evaluados mediante análisis de varianza usando el programa estadístico SAS (SAS Inst. Inc. Cary, NC), adicionalmente se realizaron pruebas de promedios comparativos por medio del test de Duncan a nivel de significancia del 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la variable días a aparición de la última floración en los dos híbridos evaluados se presentaron diferencias altamente significativas, evidenciándose menor tiempo de floración en los tratamientos en los cuales se aplicaron las diferentes concentraciones del ácido giberelico (Tabla 1).

En contra posición diferentes autores han encontrado un efecto positivo en la aplicación de giberelinas como es la inducción floral, así mismo, se menciona como esta hormona se requiere para el desarrollo normal de flores y son necesarias para el desarrollo y polinización de la flor en muchas especies (Bari y Jones 2009). De acuerdo con Agüero et al. (1996), la aplicación de 100 ppm de ácido giberélico (AG₃) o de ácido 2.4 dicloro fenoxi acético (2.4-D) en la superficie de ovarios no polinizados hasta por lo menos catorce días post anthesis, permite prevenir su senescencia e inducir el desarrollo de frutos en forma anticipada a lo que ocurriría tras la autopolinización de la flor.

Tabla 1. Prueba de promedios en el efecto de la aplicación de ácido giberelico sobre la aparición de la última flor, número de racimos, longitud de entrenudos, rendimiento y pérdidas en plantas de dos híbridos de tomate de mesa.

Híbrido	ppm	Aparición última flor	Numero de racimos(d)	Longitud de entrenudos (cm)	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	Pérdidas (Kg ha ⁻¹)
Milano (Alboran)	0	98 a	9 a	21,9 b	19660,1 a	1751,3 c
	50	91 b	9 a	22,0 b	14302,1 c	2585,2 b
	100	91 b	9 a	22,6 b	14823,3 bc	3294,1 a
	150	91 b	9 a	23,5 b	15678,1 b	3460,8 a
Chonto (torrano)	0	98 a	8 a	23,3 b	16261,8 a	1897,2 ab
	50	91 b	8 a	23,9 b	11779,4 c	2064,0 a
	100	91 b	8 a	24,1 a	13322,2 b	1501,1 b
	150	91 b	8 a	23,9 b	2759,3 bc	1480,2 b

* Medias seguidas de la misma letra, no difieren estadísticamente, según la prueba de Tukey (p<0,05).

La diferencia encontrada en la floración entre los tratamientos, se relaciona con la diferencia que hubo en el crecimiento de la planta. Presentando un crecimiento más acelerado en plantas a las que se les aplico las diferentes concentraciones de AG₃. Evidenciando una relación proporcional con la mayor dosis aplicada (150 ppm), presentando mayor altura de planta, seguido de las dosis de 100 ppm, 50 ppm y por último el testigo (0 ppm) (Figura 1).

Aunque las aplicaciones se dirigieron a los racimos florales, el ácido giberélico pudo haberse traslocado a otras partes de la planta, lo que originó el mayor crecimiento de las plantas con aplicaciones de AG₃, y su desarrollo más precoz al emitir su ultimo racimo floral una semana antes que el tratamiento testigo (Tabla 1). De acuerdo con Salisbury y Ross (2000), las giberelinas se transportan por difusión, a través del xilema y del floema. Así, los principales

efectos del AG₃ es la activación de una o más señales de transducción para la transcripción de la respuesta primaria por parte de los genes y una respuesta secundaria que se traduce como tal en la elongación celular (Taiz y Zeiger 2004). Este efecto se evidencia en el incremento de la longitud en las células y el número de las mismas, lo cual es directamente proporcional al número de aplicaciones de AG₃.

Además, la aplicación de giberelinas incrementa el tamaño de la región meristemática subapical al aumentar la proporción de células que entran en división celular; esta nueva región meristemática produce la mayoría de células que contribuyen posteriormente a la elongación del tallo (Nemhauser et al. 2006), y cabe anotar que la mayor acumulación de ácido giberélico ocurre en los tejidos jóvenes y es allí donde se produce la mayor biosíntesis de esta hormona (Bari y Jones 2009), lo que podría explicar

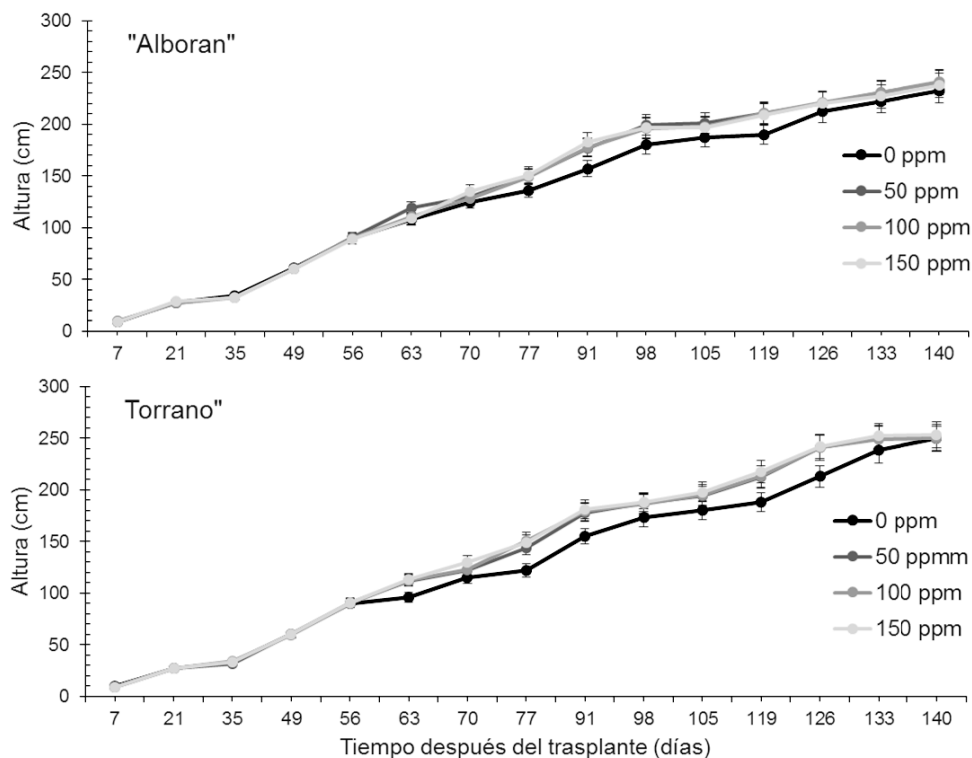


Figura 1. Efecto de la aplicación de ácido giberélico sobre la altura de plantas de dos híbridos de tomate de mesa. Las barras representan la desviación estándar.

un crecimiento más acelerado en las plantas tratadas con ácido giberélico.

Al respecto, Rademacher (2000), apunta que “el estímulo de crecimiento de las plantas por parte del ácido giberélico es el resultado del cambio en la polaridad del crecimiento de la célula, induciendo la alineación transversal de los microtúbulos corticales, que median con la deposición transversal de las microfibrillas de la membrana celular, además, promueve la ampliación de la célula, aflojando la pared celular y cambiando la presión del turgor dentro de la célula”. Así mismo, aunque se esperaba que la longitud de los entrenudos fuera mayor en los tratamientos a los que se aplicó AG_3 , no se presentaron diferencias significativas, para el caso del tomate Milano (Alboran). Caso contrario ocurre en el tomate híbrido Chonto (Torrano), quien presentó diferencias significativas para esta variable (Tabla 1). Para la variable número de racimos no se encontraron diferencias significativas evidenciando ningún efecto adverso (Tabla 1).

El comportamiento de los rendimientos ($Kg\ ha^{-1}$) fue superior en los híbridos “Alboran” y “Torrano” sin aplicaciones de AG_3 con 19660,1 $Kg\ ha^{-1}$ y 16261,8 $Kg\ ha^{-1}$ respectivamente, presentando diferencias significativas ($p < 0,05$) respecto a las aplicaciones de AG_3 (Tabla 1).

La mayoría de las pérdidas que se encontraron entre los tratamientos, ocurrieron debido a la gran cantidad de frutos deformes, fisiopatía conocida como caregato, esto pudo ocurrir porque las aplicaciones de ácido giberélico en el presente estudio fueron a una concentración bastante alta para el cultivo de tomate, causando un posible efecto tóxico en la planta y una elasticidad bastante grande en las paredes celulares de los frutos lo que causa la deformidad de los mismos, ya que como lo describe Bari y Jones (2009), la aplicación del ácido giberélico se debe dosificar en varias aplicaciones para evitar problemas de toxicidad, y aborto de

frutos tal como se encontró en pepino. Kataoka et al. (2003), encontraron resultados positivos en cuanto a la aplicación de ácido giberélico, en la época de antesis, con respecto al crecimiento del fruto, utilizando dosis de AG_3 correspondiente a 5 ppm, lo que sugiere que las dosis aplicadas en este estudio de 50, 100 y 150 ppm fueron bastante altas.

El tratamiento que obtuvo una producción de primera calidad para los dos híbridos de tomate Milano (Alboran) y Chonto (Torrano) fue el tratamiento testigo, seguido por el tratamiento de 50 ppm, de 100 ppm y el de menor calidad fue el de 150 ppm quien presentó mayor cantidad de frutos de tercera calidad y de pérdida (Figura 2).

Otros estudios realizados, también han demostrado que el número de lóculos y el tamaño de la fruta están estrechamente

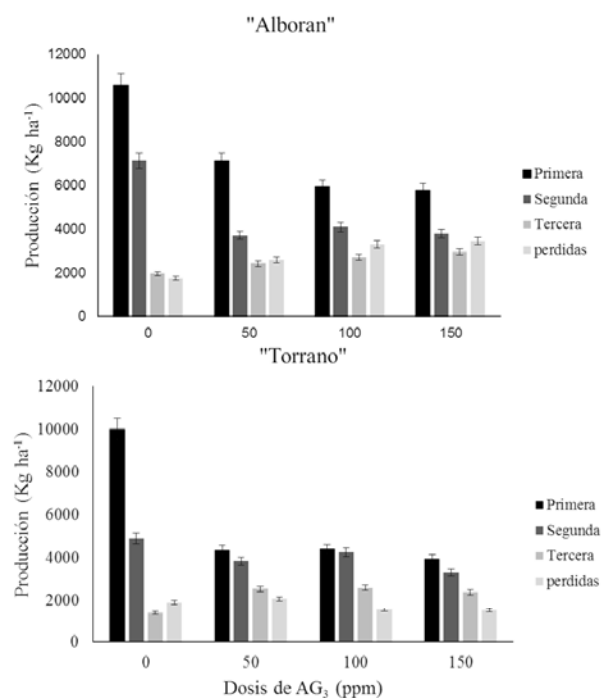


Figura 1. Efecto de la aplicación de ácido giberélico sobre la producción de calidades y pérdidas en plantas de dos híbridos de tomate de mesa. Las columnas son el promedio de 23809 plantas ha^{-1} y las barras representan la desviación estándar.

relacionados con la malformación de los frutos Kataoka et al. (2003), cuantos más número de lóculos tiene, mayor es el tamaño de la fruta, y es donde hay un mayor número de malformaciones.

El desarrollo y la formación de órganos en la planta se ven afectados por la acción de las hormonas vegetales, en el caso del tomate las hormonas endógenas tienen una importante función reguladora en la formación de los lóculos (Yue et al. 2008).

Para el tratamiento con la concentración de 0 ppm en el tomate "Alboran" la producción de frutos de primera calidad se mantuvo constante en el tiempo decreciendo de una manera lineal, mientras que la cosecha de frutos de segunda calidad aumentaron linealmente con el paso de los días hasta los 190 días después del trasplante momento en el cual empezó a decrecer la producción de esta calidad y aumenta la producción de frutos de tercera calidad y pérdidas, determinado el final del ciclo de cultivo para este tratamiento.

Comportamiento similar para el tomate "Torrano", reporto como la cosecha para el tratamiento testigo (0 ppm) los frutos de primera y segunda calidad prevalecen a través del tiempo de cosecha sobre los frutos de tercera y pérdidas, aumentando las pérdidas mucho más rápido que en tomate "Alboran" a partir de los 180 días después de trasplante.

A concentraciones de 50 ppm el tomate "Alboran", su cosecha fue tardía en iniciar. Para los dos híbridos de tomate, se empieza con una cosecha grande de frutos de primera calidad a los 120 días y decae linealmente hasta los 161 días después de trasplante, momento en el cual aumenta la cosecha de frutos de segunda y tercera calidad.

Para las concentraciones de 100 ppm, los dos híbridos mostraron una dinámica productiva

de primera calidad descendente desde el inicio de la cosecha a los 120 días hasta los 161 días después del trasplante, con la diferencia que la cosecha de frutos de segunda y tercera calidad aumentan desde los 145 días, haciendo este tratamiento menos rentable, ya que se deja de ofertar producción de primera calidad muy rápido en el mercado, comportamiento similar presenta el tratamiento de 150 ppm.

CONCLUSIONES

Las diferentes concentraciones 50, 100 y 150 ppm de ácido giberélico arrojaron una relación inversamente proporcional para la producción y días a última floración para los híbridos "Alboran" y "Torrano", al igual que una reducción en la producción total y calidad de los híbridos evaluados.

El efecto de la aplicación del ácido giberélico manifestó una reducción del ciclo del cultivo en una semana para los dos híbridos de tomate, en comparación con el tratamiento testigo; además, se encontró que la calidad de los frutos en las cosechas de los tratamientos con las diferentes concentraciones AG₃ empieza a disminuir una semana antes, que la cosecha del tratamiento testigo.

REFERENCIAS

- Agüero, M., Granell, A. y Carbonell, J. 1996.** Expression of thiol proteases decreases in tomato ovaries after fruit set induced by pollination or gibberellic acid. *Plant Physiology*, 98: 235-240. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1996.980203.x>.
- Anuario meteorológico Cafetero 2012.** 2013. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Centro Nacional de investigaciones en Café. CENICAFE, Chinchiná (Colombia).

- Arbeláez, L., Rivera, J., Hurtado-Salazar, A. y Ceballos-Aguirre, N. 2016.** Technical and Economic Evaluation of Three Types of Tomato Nutrient Solutions under Semi-Controlled Conditions. *Journal of Agricultural Science*; 8(8): 68-78. <https://doi.org/10.5539/jas.v8n8p68>.
- Bari, R. y Jones, J. 2009.** Role of plant hormones in plant defence responses. *Plant Molecular Biology*, 69:473–488. <https://doi.org/10.1007/s11103-008-9435-0>.
- Bertolin, D., Sá, M., Arf, O., Furlani, E., Colombo, A. y Carvalho, F. 2010.** Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. *Bragantia*, 69(2): 339-347. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000200011>.
- Caputo, M., Silva, M., Beauclair, E. y Gava, G. 2007.** Acúmulo de sacarose, produtividade e florescimento de cana-de-açúcar sob reguladores vegetais. *Interciência*, 32: 834-840.
- Carvalho, S. y Vasconcelos, M. 2013.** Producing more with less: strategies and novel technologies for plant-based food biofortification. *Food Research International*, 54: 961–971. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.12.021>.
- FAOSTAT. 2016.** FAO Statistical Databases. Retrieved November 26, 2016, from <http://faostat.fao.org>
- González, M., Caycedo, C., Velásquez, M., Flórez, V. y Garzón, M. 2007.** Efecto de la aplicación del ácido giberélico sobre el crecimiento del coliflor (*Brassica oleraceae* L.) var. Botrytis DC. *Agronomía Colombiana*, 25(1): 54-61.
- IFPRI - International Food Policy Research Institute. 2014.** Producing More With Less? Available at: <http://www.ifpri.org/blog/producing-more-less>.
- Kataoka, K., Uemachi, A. y Yazawa, S. 2003.** Fruit growth and pseudoembryo development affected by uniconazole, an inhibitor of gibberellin biosynthesis, in pat-2 and auxin-induced parthenocarpic tomato fruits. *Scientia Horticulturae* 98: 9-16. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(02\)00221-2](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00221-2).
- Larcher, W. 2006.** *Ecofisiología vegetal*. São Carlos: Rima, p.295-338.
- Magalhães, J., Ferreira, E., Oliveira, M., Pereira, A., Silva, D. y Santos, J. 2016.** Effect of plant-biostimulant on cassava initial growth. *Revista Ceres*, 63(2): 208-213. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201663020012>
- Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Rodríguez, M., Lancho, O. y Barrientos, J.C. 2009.** Characterization of productive systems of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in producing zones of Colombia. *Acta Horticulturae*, 821: 35-46. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.821.2>
- Nemhauser, J., Hong, F. y Chory, J. 2006.** Different Plant Hormones Regulate Similar Processes through Largely Nonoverlapping Transcriptional Responses. *Cell*, 126(3): 467-475. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cell.2006.05.050>
- Perilla, A., Rodríguez, L. y Bermúdez, L. 2011.** Estudio técnico-económico del sistema de producción de tomate bajo invernadero en Guateque, Sutatenza & Tenza (Boyacá). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 5(2): 220-232. <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2011v5i2.1269>
- Rademacher, W. 2000.** Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 51: 501–531. <http://www.annualreviews.org/> [accessed 23 November 2016].

- Salisbury F. y Ross C. 2000.** Fisiología de las Plantas. Tomo 3. Desarrollo de las Plantas y Fisiología Ambiental. Editorial Thomson-Paraninfo, p. 413.
- SAS. 1992.** In: SAS Institute Cary, N.C. EEUU. Version 9.0.
- Silva, M., Gómez, H., Zavala, F., Cuevas, B. y Rojas, M., 2011.** Efecto de cuatro fitoreguladores comerciales en el desarrollo y rendimiento del girasol. Ciencia UANL, 4(1): 69-75.
- Taiz, L. y Zeiger, E. 2004.** Fisiología vegetal. 3 edición. Porto alegre – Artmed, p. 613-641.
- Talaat, I., Khattab, H., Ahmed, A. 2013.** Changes in growth, hormones levels and essential oil content of *Ammi visnaga* L. plants treated with some bioregulators. Saudi Journal of Biological Sciences, 21(4): 355-365. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2013.10.008>
- Yue, L., Tian-lai, L. y Dan, W. 2008.** Correlation Between Endogenous Hormones of Stem Apices and Fruit Locule Numbers in Tomatoes During Floral Bud Differentiation Stages, Agricultural Sciences in China, 7(4): 447-454. [http://dx.doi.org/10.1016/S1671-2927\(08\)60088-7](http://dx.doi.org/10.1016/S1671-2927(08)60088-7).