

AMARRE, RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FRUTO EN NARANJA CON APLICACIÓN DE UN COMPLEJO HORMONAL*

FRUIT SET, YIELD AND QUALITY IN NAVEL ORANGE WITH THE APPLICATION OF A HORMONAL COMPLEX

Juan José Galván-Luna^{1§}, Florencio Briones-Encinia¹, Patricio Rivera-Ortiz¹, Luis Alonso Valdes-Aguilar², Marcos Soto-Hernández³, Jorge Rodríguez-Alcázar³ y Ovidio Salazar-Salazar¹

¹Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias (UAMAC), Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT) Centro Universitario Adolfo López Mateos, C. P. 87149, Ciudad Victoria, Tamaulipas. Tel. y Fax 01 834 31 8 17 21, Ext. 2120. (fbriones@uat.edu.mx). ²Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). Saltillo, Coahuila. ³Colegio de Postgraduados. Km 36.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México, C. P. 56230. Montecillo, México. [§]Autor para correspondencia: jjgalvan@uat.edu.mx.

RESUMEN

En cítricos el uso de reguladores de crecimiento incrementa el amarre de frutos y en consecuencia la productividad. El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de un complejo hormonal de origen natural (auxinas, giberelinas y citocininas) en el amarre, rendimiento y calidad del fruto en naranja (*Citrus sinensis* (L.) Osb) del grupo navel cvs. "Washington" y "Thomson", en árboles de 15 años de edad. El estudio se realizó en el municipio de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México durante 2004-2005. Se utilizó un arreglo en parcelas divididas en un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos e interacción entre cultivares y tratamientos en el número de frutos retenidos hasta los 129 días después de floración y porcentaje de amarre final. La dosis del complejo hormonal que incluye 32.2 ppm de auxinas, 32.2 ppm de giberelinas y 83.2 ppm de citocininas más 19.34 g L⁻¹ de microelementos mostró el mayor amarre del fruto con 1.2%.

Palabras clave: auxinas, citocininas, giberelinas, naranja navel "Washington" y "Thomson".

ABSTRACT

The use of growth regulators improves fruit set in citrus; consequently, they increase crop productivity. The aim of the present research was to determine the effects of a hormonal complex of natural origin (auxins, gibberellins and cytokinins) on fruit set, yield and fruit quality of orange navel (*Citrus sinensis* (L.) Osb) cvs. "Washington" and "Thomson" of 15 years old trees. The study was conducted at Ciudad Victoria, Tamaulipas, Mexico, during 2004-2005. A split plot arrangement under a complete random block design with five treatments and four replications was used. Results show significant differences among treatments and for the interaction treatment x cultivar in the number of fruits retained until 129 days after flowering and in the percentage of fruit set. The hormonal complex at a dose that includes 32.2 ppm of auxins, 32.2 ppm of gibberellins and 83.2 ppm of cytokinins plus 19.34 g L⁻¹ show the greater effect at increasing fruit set, up to 1.2%.

Key words: auxins, gibberellins cytokinins, orange navel "Washington" and "Thomson".

La importancia del cultivo de la naranja es incuestionable si se considera que México ocupa el tercer lugar a nivel mundial en producción, superado por Brasil y Estados Unidos de América

* Recibido: Noviembre, 2006
Aceptado: Abril, 2009

y que de acuerdo a la clasificación de productos alimenticios básicos, la naranja se encuentra en el 5º lugar (FAO, 2004). El principal destino de la producción de naranja es el mercado nacional en fresco, al cual se destina entre 80 y 85%, mientras que la agroindustria procesa entre 15 y 20% (Gómez y Schwentesius, 1997).

La mayoría de las variedades de naranja navel son de maduración temprana (se cosechan de noviembre a marzo) y sus frutos son partenocápicos (sin semillas) por lo que son más sensibles a los cambios extremos de condiciones climáticas que las naranjas comunes (con semillas), por lo que la producción es variable en algunas regiones. También depende del clima (temperaturas cálidas en el día y templadas en la noche) la coloración de la cáscara, en condiciones de clima mediterráneo es en el que manifiestan con más intensidad los pigmentos que le dan color a la corteza y al jugo del fruto (Loussert, 1992). La corteza es ligeramente rugosa de grueso normal (5 mm) y fácil de pelar (Saunt, 1992), por lo general son frutos de bajo pH y alto contenido de jugo (Davies, 1986).

La variedad Washington navel se caracteriza por ser un árbol vigoroso y productivo, con hojas grandes y acusadas, el fruto es de tamaño medio a grande (65 a 75 mm de diámetro y de 200 a 250 g de peso), de forma redonda a ligeramente ovalado; corteza de color anaranjado intenso (cuando se presentan las condiciones climáticas adecuadas) ligeramente rugosa y gruesa, relativamente fácil de pelar. Los gajos se separan fácilmente y contiene una pulpa firme con mucho jugo, de sabor agradable (Agustí, 1999).

La naranja Thomson pertenece al grupo de naranjas navel de reciente aparición y tienen poca o nula comercialización, por lo tanto la información y problemática para su implantación, es escasa. En la zona centro de Tamaulipas se comercializa junto con el cultivar Washington navel, siendo los dos cultivares más importantes de este grupo en Tamaulipas (García, 2004).

En general, la formación de flores en los cítricos se da en un proceso de desarrollo unitario, en dos fases: diferenciación de meristemo y desarrollo de la flor. Éste es un proceso continuo y termina con la apertura floral o antesis (Bernier, 1988). Sin embargo, en naranjas dulces el desarrollo del fruto sigue una curva sigmoidal, caracterizada por tres etapas bien diferenciadas (Agustí, 1999).

El amarre del fruto requiere de la conjunción de dos factores: un estímulo inicial que provoque el crecimiento del ovario y su capacidad de acumular metabolitos y una

disponibilidad suficiente de éstos. Esta disponibilidad es crítica durante la fase de abscisión y determina el cuajado final del fruto. Es el cuajado, o amarre de frutos y no la floración el factor que determina la cosecha en los cítricos (Guardiola, 2004).

En la región citrícola del centro del estado de Tamaulipas, la superficie establecida de naranja navel es de 1 106 ha (SAGARPA, 2001). Las temperaturas cálidas que se presentan en los períodos de floración, cuajado y crecimiento del fruto se consideran la causa principal de la problemática asociada a dichos procesos y por consecuencia de la baja producción de este grupo de naranjas cultivadas en la región (García, 2004).

El tamaño final del fruto está regulado por un conjunto de factores de índole e incidencia variable. La imposibilidad de su control y su interrelación complican su estudio y solo permiten tener un conocimiento parcial de algunos de ellos, lo que unido a diferencias varietales, edáficas, etc., obliga al estudio fragmentado de los mismos (Agustí, 2001).

En naranja cv "Valencia" se determinó que la aplicación de un complejo hormonal a base de auxinas, giberelinas y citocininas incrementó el rendimiento de fruto y jugo concentrado con la aplicación de 3 L ha⁻¹ (Ruiz, 1999).

La naranja navel es un cultivo comercial en el cual sólo 1% de las flores alcanzan a llegar a fruto maduro (porcentaje de amarre). En consecuencia se han ensayado diversas técnicas para incrementar el amarre y rendimiento de frutos; entre ellas, la polinización cruzada, el anillado de troncos, la aplicación de fitorreguladores y la práctica del riego por encima del dosel de los árboles con el objeto de reducir las altas temperaturas (García, 2004).

En el estado de Tamaulipas, el enorme potencial que representa el uso de los reguladores no ha sido debidamente explotado y los resultados experimentales disponibles corresponden a ambientes diferentes. Si bien las aplicaciones hormonales no constituyen una panacea universal, existen determinados aspectos del desarrollo que son en mayor o menor medida susceptibles de modificación (Talón, 2001).

El uso de reguladores de crecimiento es una alternativa para incrementar el porcentaje de amarre de frutos, lo cual se traduce en incrementos de la producción. En la época de

floración, el uso de reguladores hormonales complejos, han mostrado ser más efectivos para mejorar la producción que los productos que contienen una sola hormona (Ruiz, 1999).

Ante la falta de investigación sobre el uso de reguladores del crecimiento en la región y el bajo porcentaje de amarre observado en las naranjas navel, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de un complejo hormonal de origen natural (auxinas, giberelinas y citocininas) en el amarre, rendimiento y calidad del fruto en naranja en la zona centro del estado de Tamaulipas.

Ubicación y características de la unidad experimental.

El experimento se realizó en el período de febrero de 2004 a febrero de 2005, en árboles de los cultivares de naranja navel "Washington" y "Thomson" de 15 años de edad, ubicados en el municipio de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, plantados en suelo calcáreo (34.9% de carbonatos), arcilloso, con un pH de 8.2, con nivel deficiente de zinc y bajo contenido de nitrógeno, fósforo y magnesio, con riego por micro aspersión. Se aplicó un complejo hormonal de origen natural que contiene auxinas (ácido indolacético 32.2 ppm), giberelinas (32.2 ppm), citocininas (zeatina 83.2 ppm) y microelementos (19.34 g L^{-1}) en los porcentajes siguientes: (Mn 0.12%, Zn 0.37%, Fe 0.49%, Mg 0.14%, B 0.30% y S 0.44%) utilizando como fuente el producto Biozyme * TF, que en términos porcentuales contiene 1.86% de microelementos, 78.87 de fitohormonas y 19.27 de diluyentes y acondicionadores.

Variables respuesta. Las variables fueron: número de flores por árbol (calculadas tomando como base las ramas terminales de los cuatro puntos cardinales contabilizando el número de flores y multiplicado por el número de ramas en el árbol), el número de frutos por árbol para determinar el porcentaje de amarre final (PAF) y el número de frutos retenidos (NFR) hasta los 129 días después de la floración

(DDF) (etapa del crecimiento inicial del fruto en la que ya no se observó caída de fruto). Se determinó el diámetro polar (DP) y ecuatorial (DE) utilizando el vernier Scienceware de 150 mm. El peso del fruto (PF) se cuantificó con una balanza electrónica de precisión ohaus scout, el grosor de la cáscara (GC) con el mismo vernier. Se determinaron los grados brix (GB) con el refractómetro manual Atago ATC-1E. El pH del fruto se determinó con el potenciómetro manual Corning y el espacio de color $L^* a^* b^*$ con el colorímetro Minolta CR-300. Con base en el diámetro polar y ecuatorial, tomados durante la fase de fructificación, a los 100, 150, 200, 250 y 300 días después de plena floración se estimaron las curvas de crecimiento de acuerdo con las proporciones del complejo hormonal utilizado en la presente investigación.

Tratamientos y diseño experimental. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones, con arreglo en parcelas divididas, donde la parcela grande correspondió a los cultivares y la parcela chica a los cinco tratamientos descritos en el Cuadro 1. Se realizaron dos aplicaciones una en plena floración y la otra a la caída de pétalos (15 y 31 de marzo en el cultivar de naranja navel "Washington" y 19 y 31 de marzo de 2004 en "Thomson"). Cada aplicación se efectuó de 7:00 a 10:00 con una mochila manual utilizando 3 L por árbol y las cantidades del producto de acuerdo a las dosis descritas, mismas que para efectos de identificación se clasificaron en dosis baja, media, alta y muy alta, teniendo un testigo al cuál sólo se le aplicó agua. En cada tratamiento se adicionó una mezcla de ácidos con el producto "Bionex" a razón de 2 cc por L de agua para disminuir el pH.

Análisis estadístico. Se realizó el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey con $\alpha=0.05$ con el paquete estadístico de SAS (2000). Para el análisis del número de frutos se aplicó la transformación raíz cuadrada y para el porcentaje de amarre la transformación seno inverso, éstas con la finalidad de darle una distribución normal.

Cuadro 1. Tratamientos aplicados en ppm de complejo hormonal que incluye auxinas, giberelinas, citocininas y g L^{-1} de microelementos en los cultivares de naranja navel "Washington" y "Thomson", en la zona centro de Tamaulipas. 2005.

Tratamiento (dosis)	Auxinas (ppm)	Giberelinas n (ppm)	Citocininas (ppm)	Microelementos (gL^{-1})
Testigo	00	00	00	00
Baja	16.1	16.1	41.6	9.17
Media	32.2	32.2	83.2	18.34
Alta	48.3	48.3	124.8	27.51
Muy alta	64.4	64.4	166.4	36.68

Amarre del fruto. El mayor porcentaje de amarre final se observó con la dosis media (1.22%), resultando significativamente ($p<0.05$) superior al testigo (0.40%), no hubo diferencia significativa en el número de

frutos retenidos entre las dosis media, alta y muy alta; sin embargo, el número de frutos retenidos en estas dosis fue aproximadamente 100% mayor que el tratamiento testigo, Cuadro 2.

Cuadro 2. Porcentaje de amarre final y número de frutos retenidos en naranja navel “Washington” y “Thomson” de acuerdo con las dosis aplicadas de complejo hormonal. Valores zona centro de Tamaulipas. 2005.

Dosis	Amarre Final (%)	Numero de frutos retenidos (Núm)
Testigo	0.40 ± 0.325 b	12.38 ± 9.80 b
Baja	0.72 ± 0.735 b	18.63 ± 7.73 b
Media	1.22 ± 0.675 a	31.75 ± 12.19 a
Alta	1.15 ± 0.770 a	34.50 ± 18.08 a
Muy alta	0.76 ± 0.420 b	29.50 ± 14.73 a

Medias con la misma letra no son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). CV. 13.05. $\bar{X} \pm S$.

El número de frutos retenidos hasta los 129 días después de floración y porcentaje de amarre final, mostraron diferencia significativa ($p<0.05$) entre los cultivares estudiados, aún cuando estadísticamente no se observaron diferencias con los tratamientos aplicados en las dosis media, alta y muy alta, la proporción del complejo hormonal que resultó con

mayor número de frutos retenidos fue 48.3 de auxinas, 48.3 de giberelinas y 124.8 ppm de citocininas más 29.01 g L⁻¹ de microlementos, con una media de 34.5 frutos superior al testigo (12.38) respectivamente, con mayor número de frutos en promedio observados en el cultivar Thomson para las proporciones mas bajas (Figura. 1).

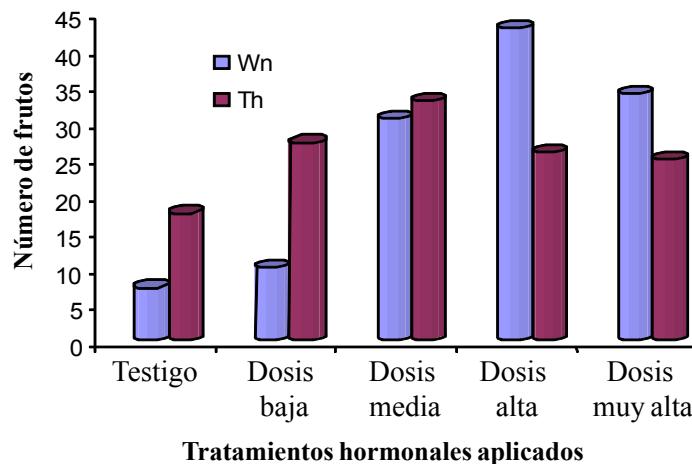


Figura 1. Número de frutos retenidos a los 129 días después de floración en naranja navel Washington (Wn) y Thomson (Th) con las dosis del complejo hormonal que contiene auxinas, giberelinas y citocininas. Zona centro de Tamaulipas. 2005.

La dosis del complejo hormonal que significativamente mostró mayor porcentaje de amarre final fueron las que incluyeron 32.2 de auxinas, 32.2 de giberelinas y 83.2 ppm de citocininas más 19.34 g L⁻¹ de microelementos y 48.3 de auxinas, 48.3 de giberelinas y 124.8 ppm de citocininas más 29.01 g L⁻¹ de microelementos (1.22 y 1.15%, respectivamente), diferentes ($p<0.05$) al testigo (0.40%),

Figura 2. Resultados similares fueron reportados por Ruiz (1999), en el cultivar “Valencia”, con el rendimiento y producción de jugo, lo que confirma que las aplicaciones hormonales estimulan el amarre del fruto y la producción del mismo (Talón, 2001) y que la imposibilidad del control de los factores que influyen en el tamaño final del fruto determina el estudio fragmentado de los mismos (Agustí, 2001).

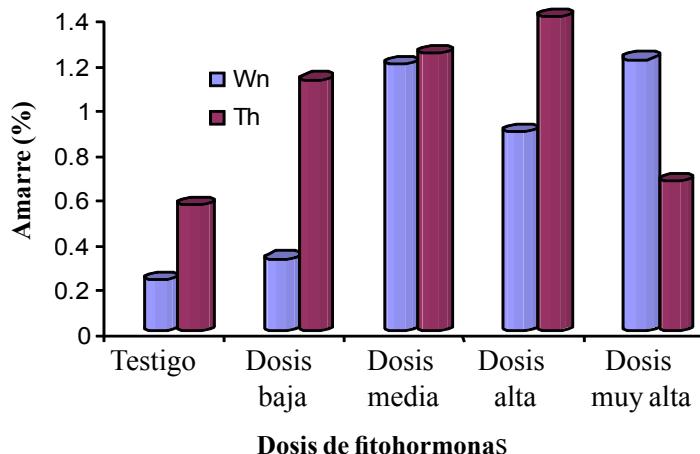


Figura 2. Porcentaje de amarre de frutos en naranja navel “Washington” (Wn) y “Thomson” (Th) con la aplicación de complejo hormonal que incluye auxinas, giberelinas y citocininas. Zona centro de Tamaulipas. 2005.

El amarre del fruto resulta de la conjunción de dos factores; la concentración de hormonas apropiadas, que estimulen el crecimiento del fruto e impiden su abscisión y el suministro de metabolitos suficiente para atender las necesidades nutricionales (Guardiola, 2004), en este trabajo se detectaron diferencias al aplicar las diferentes dosis del complejo hormonal, dado que el manejo del huerto fue similar para todos los tratamientos.

Las giberelinas en la fase de fructificación, reactivan el crecimiento del fruto, atraen nutrientes hacia los frutos y parecen sostener el crecimiento hasta la caída de junio, en este sentido las giberelinas son factores que limitan y condicionan el amarre del fruto (Talón, 2001), de ahí que al aplicarlas exógenamente incrementan el porcentaje de amarre. Si bien su contenido no es limitante en la mayor parte de los casos, también auxinas y citocininas están implicadas en el amarre del fruto. Esta participación se demuestra utilizando inhibidores de su síntesis o su acción, que interfieren con el cuajado; además, en unas pocas ocasiones se ha descrito que el amarre puede aumentarse mediante la aplicación de estas hormonas (Guardiola, 2004). Las citocininas al igual que las

giberelinas incrementan su concentración en los ovarios en desarrollo durante el período de antesis como si formaran parte del estímulo hormonal que reactiva la división celular y estimula el crecimiento del fruto posibilitando su amarre. De acuerdo con Talón (2001) las aplicaciones exógenas de auxinas para mejorar el amarre del fruto no son eficaces, por lo que se desconoce su función en el amarre de frutos cítricos. Sin embargo, al aplicarlas en un complejo hormonal, como en este caso, aún cuando se desconoce su función en aplicaciones individuales, en conjunto los tres grupos de hormonas parecen potenciar los efectos individuales al incrementar los porcentajes de amarre del fruto.

Los resultados de los porcentajes de amarre obtenidos están de acuerdo con Agustí y Almela (1991) que señalan 1% para naranja valencia y 0.2% para cítricos sin semilla, por lo que al incrementar a más de 1% con la aplicación del complejo hormonal, resulta una práctica favorable.

Peso del fruto. El peso del fruto no mostró diferencia significativa entre las proporciones hormonales, los resultados en promedio fueron de 325.78 g en “Washington”

y 330.67 g en el cultivar "Thomson" (Cuadro 3) representando valores mayores que los reportados (200-250 g) por Agustí (1999), debido probablemente a la menor cantidad de frutos por árbol que se observó en la presente investigación y por otra parte a las aplicaciones hormonales, dado que las auxinas se relacionan con el proceso de crecimiento rápido del fruto (Talón, 2001). El diámetro polar mostró diferencia significativa entre las variedades con 84.58 mm en promedio

en la variedad "Washington" y 93.21 mm en la "Thomson", superior ($p<0.05$) al testigo (89.33) lo que confirma además la forma más ovalada de la variedad "Thomson".

Las curvas de crecimiento en naranja navel "Washington" (Figura 3) elaboradas con base en los resultados de los diámetros polar y ecuatorial, durante la fase de fructificación, ($R^2=0.985$) permitieron corroborar la curva sigmoidal, típica de las naranjas dulces (Agustí, 1999).

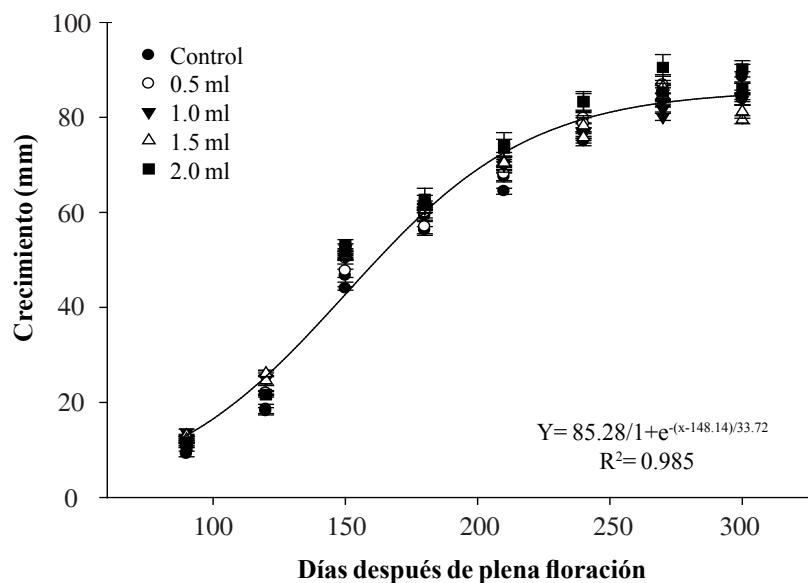


Figura 3. Curva de crecimiento de la naranja navel "Washington" con la aplicación de complejo hormonal que incluye auxinas, giberelinas y citocininas. Zona centro de Tamaulipas. 2005.

En el grosor de la cáscara aún cuando existe diferencia significativa en la interacción variedad por tratamiento, los valores promedio (5.34 y 5.37 mm) coinciden con los reportados anteriormente (Saunt, 1992).

El rendimiento promedio de los dos cultivares fue de 3.53 t ha⁻¹ equivalente a más de 200% en comparación con el testigo (1.26 t ha⁻¹).

Calidad del fruto. En relación a los grados brix se observó diferencia significativa entre variedades e interacción entre variedad y tratamiento con 13.24 °B en la variedad "Washington" y 14.49 °B en la "Thomson", resultando ésta última con mayor acidez, estos resultados son más altos que los reportados en España (Agustí, 1999) lo que puede ser

influenciado por el clima cálido en una región subtropical como la de la zona centro del estado, lo que coincide con Loussert (1992).

Los valores del pH (4.3) en el jugo de las dos variedades en estudio resultaron similares. El color del fruto se estudió considerando la luminosidad en la cual no existieron diferencias, lo que indica que el brillo no fue diferente en las variedades estudiadas ni por efecto de los tratamientos, y el espacio de color con las coordenadas a* y b*, sólo el parámetro b* resultó significativo (Cuadro 3). Los resultados obtenidos en relación a los grados brix y pH, permiten clasificar a la variedad "Washington" como de primera, de acuerdo con los parámetros internacionales (USDA, 1990).

Cuadro 3. Características del fruto con la aplicación de un complejo hormonal que incluye auxinas, giberelinas y citocininas. Zona centro de Tamaulipas. 2005.

Cultivar	PF (g)	DP (mm)	GC (mm)	°B	pH	b*
Washington	325.78 a	84.58 a	5.34 a	13.24 a	4.3 a	59.73 a
Thomson	330.67 a	93.21 b	5.37 a	14.49 b	4.3 a	58.98 b

PF=peso del fruto; DP=diámetro polar; GC=grosor de la cáscara; °B=grados Brix; b*=parámetro b del color. Medias con la misma letra no son estadísticamente iguales Tukey (0.05).

El amarre del fruto se incrementa hasta 300% con la aplicación de la dosis media del complejo hormonal que incluye auxinas (32.2 ppm), giberelinas (32.2 ppm) y citocininas (83.2 ppm).

El peso del fruto no se modifica con la aplicación de auxinas, giberelinas y citocininas.

Los cultivares “Washington” y “Thomson” muestran respuesta diferencial a la aplicación de complejos hormonales en el porcentaje de amarre del fruto, número de frutos retenidos, grosor de la cáscara, grados brix y pH.

LITERATURA CITADA

- Agustí, M. y Almela, V. 1991. Aplicación de fitorreguladores en citricultura. Editorial Aedos. Barcelona, España. 261 p.
- Agustí, M. 1999. Citricultura. Ediciones Mundi-prensa. España. 418 p.
- Bernier, G. 1988. The control of floral evocation and morphogenesis. Ann. Rev. Plant Physiol. 93:175-219.
- Davies, F. S. 1986. The navel orange. Hort. Rev. 8:129-175.
- García, D. M. A. 2004. Efecto de la nebulización en la temperatura y humedad del aire y su relación con el cuajado y rendimiento del fruto en naranjo navel. Agrociencia 38:643-651.
- Gómez, C. M. A. y Schwentesius, R. 1997. La agroindustria de naranja en México. Edit. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), Chapingo, Estado de México.
- Guardiola, B. J. L. 2004. Cuajado del fruto, aspectos hormonales y nutricionales. Universidad Politécnica de Valencia, España. Mayo 2004.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2004. FAOSTAT. Agriculture. www.fao.org.
- Loussert, R. 1992. Los agrios. Ed. Mundi prensa, Madrid, España. 303 p.
- Ruiz, B. O. 1999. Fisiología de la floración y reguladores de crecimiento. In: IV Curso Internacional de Citricultura. Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias, UAT. Cd. Victoria, Tamaulipas. 21-25 de septiembre de 1999.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 2001. Inventario de productores citrícolas 2001. Sistemas de Información Agropecuaria. Alianza para el Campo, SAGARPA. Gobierno de estado de Tamaulipas.
- Saunt, J. 1992. Variedades de cítricos del mundo. Ed. Edipublic, Valencia, España. 126 p.
- Statistical Analysis System Institute (SAS) 2000. Statistical Analysis System. Version 8.01. Cary, NC., USA.
- Talón, M. 2001. Revista Comunitat Valencia Agraria No. 15.
- United States Department of Agriculture (USDA). 1990. Quality control manual for citrus processing plants. Edit. Intercit, Florida, USA.