

Estimación de máximas densidades para mitigar el impacto de la enfermedad HLB en plantaciones de naranja Valencia

Estimated high density plantations to mitigate the impact of HLB disease on Valencia orange trees.

MEDINA-URRUTIA, Víctor Manuel†*, ROBLES-GONZÁLEZ, Marciano Manuel, REYES-HERNÁNDEZ, Jaime Eduardo y VIRGEN-CALLEROS, Gil

Universidad de Guadalajara, Camino Ramon Padilla Sánchez S/N, CP 44150, Zapopan Jal. México.

ID 1^{er} Autor: Víctor Manuel, Medina-Urrutia/ ORC ID: 0000-0002-4746-9135, CVU CONACYT ID: 120073

ID 1^{er} Coautor: Marciano Manuel, Robles-González/ ORC ID: 0000-0002-7324-2700, CVU CONACYT ID: 56889

ID 2^{do} Coautor: Jaime Eduardo, Reyes-Hernández/ ORC ID: 0000-0002-5899-0698, CVU CONACYT ID: 103500

ID 3^{er} Coautor: Gil, Vigen-Calleros/ ORC ID: 0000-0003-4172-8885, CVU CONACYT ID: 74761

DOI: 10.35429/JOTI.2019.12.3.17.21

Recibido 16 de Octubre, 2019; Aceptado 19 de Diciembre, 2019

Resumen

Objetivos: El estudio se realizó para estimar las óptimas densidades de plantación para cuatro variedades de naranja y determinar su máximo potencial de producción, como una estrategia para contrarrestar la pérdida de producción por la enfermedad conocida como HLB. Metodología: Se utilizaron datos de crecimiento [altura, diámetro y volumen de copa (VC); área de suelo cubierta con follaje (ASF)] y de rendimiento (RTO) en kg/árbol, de un experimento de variedades durante 9 años. Primero, se determinaron los valores de correlación entre las distintas variables, y enseguida, se sometieron a análisis de regresión lineal y múltiple. Contribución: Se obtuvieron valores de correlación de 0.8 y 0.85 para las variables VC y ASF y el RTO. Tomando en cuenta estas variables, por medio de regresión lineal, las óptimas densidades de plantación que el productor pueden usar con las variedades "Pineapple", "Queen", "Cutter" y "Campbell" son 900 a 1000 árboles/ha, con lo que es posible desde el 4^o al 9^o año, registrar rendimientos de 30 a 60 ton/ha/año.

C. sinensis, análisis regresión, crecimiento, Huanglongbing

Resumen

Objectives: This work was carried out to estimate the optimal plant density for 4 Valencia orange varieties and to determine the highest yield potential as a strategic to overlap the yield reduction by citrus HLB disease. Methodology: Tree growth data of nine years [(height, diameter and canopy volume (CV); area of soil covered by canopy (ASC)] and yield in kg/tree (Y) of four varieties were analyzed first by correlation analysis and then submitted to a lineal and multiple regression analysis. Contribution: Correlation values of 0.8 and 0.85 were observed for ASC and CV with Y, respectively. Based on these variables the optimal calculated tree densities by regression for "Pineapple", "Queen", "Cutter" and "Campbell" varieties were 900-1000 trees/ha, which can yield 30 to 60 ton/ha/year, from 4th to 9th year.

C. sinensis, regression analysis, growth, Huanglongbing

Citación MEDINA-URRUTIA, Víctor Manuel, ROBLES-GONZÁLEZ, Marciano Manuel, REYES-HERNÁNDEZ, Jaime Eduardo y VIRGEN-CALLEROS, Gil. Estimación de máximas densidades para mitigar el impacto de la enfermedad HLB en plantaciones de naranja Valencia. Revista de Invención Técnica 2019. 3-12:17-21

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: muv20099@cucba.udg.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La enfermedad conocida como HLB esta presente en la mayoría de las regiones productoras de cítricos en el mundo. En México, las áreas citrícolas más afectadas se ubican en la costa del pacífico donde predomina el limón Mexicano. En esta especie, la alta incidencia de la enfermedad reduce el rendimiento hasta en un 50 % (Robles-González *et al.*, 2013). Sin embargo, en el contexto internacional, la naranja es la especie más afectada, ya que el HLB no solo reduce el rendimiento, sino que afecta la morfología y tamaño del fruto, lo cual limita su potencial de mercado. Debido a que la enfermedad no tiene cura, en regiones citrícolas de Brasil, Estados Unidos y China, se han puesto en marcha distintas estrategias para mitigar el impacto del HLB con la finalidad de convivir con la enfermedad (Stuchi y Girardi, 2010). Los reportes previos, sugieren que en tanto no se desarrollen nuevos materiales con tolerancia al HLB, es necesario aplicar prácticas que contribuyan a prolongar la vida productiva de los árboles. En este sentido en plantaciones establecidas se recomienda: intensificar las labores de manejo en lo que refiere a nutrición y control del psílido asiático. Adicionalmente, al establecer nuevas plantaciones es necesario utilizar material certificado. Stover *et al.*, 2008, sugieren la conveniencia de utilizar altas densidades de plantación, y llegar a la edad adulta con el mayor número posible de árboles por hectárea. Lo anterior permite a los productores obtener cosechas rentables desde temprana edad y mitigar el impacto económico por la pérdida de arboles a consecuencia de la enfermedad y extender la vida productiva de las huertas.

Estudios previos realizados en distintas especies de cítricos, han demostrado que es posible plantar de 600 hasta 2,500 árboles por hectárea y alcanzar rendimientos anuales rentables (Cary, 1981; Hutton y Cullis, 1981; Cary, 1981; Stuchi y Donadio, 2003, Wheaton *et al.*, 1990, Stover *et al.*, 2008). El éxito de las densidades de plantación depende del sistema de plantación y del manejo eficiente e intensivo de los arboles (Cary, 1981; Morimoto y Ozawa, 2000; Rabe, 2004)

Los estudios para determinar las óptimas densidades de plantación en cítricos requieren muchos años de evaluación, lo cual implica elevadas costos de investigación.

Además de que la enfermedad del HLB posiblemente dificulte el proceso de evaluación. Debido a lo anterior es necesario contar con criterios basados en experiencias previas y con datos reales, que permitan definir de manera aproximada la cantidad de árboles a establecer en los cultivos.

El objetivo del presente estudio fue determinar las potenciales densidades de plantación para cuatro genotipos de naranja en base al comportamiento en crecimiento y producción de los árboles en un trabajo previo en Tecmán, Colima, México.

Materiales and Métodos

Localidad: Este trabajo se realizó en el Campo Experimental de Tecmán Col, localizado en las coordenadas 18°27'96" latitud norte y 103°50' longitud oeste, en el pacífico de México. El clima en esta región es tropical con una temperatura promedio de 27°C y una precipitación de 800 mm anuales. El suelo tuvo una textura migajón arcillo arenosa de pH 8.2. El contenido de carbonato de calcio vario de 6 a 17 %. La conductividad eléctrica fue 1.0 dS/m.

Materiales: Se utilizo una plantación de variedades de naranja injertada sobre naranjo agrio a la cual se le dio seguimiento durante nueve años. Las variedades seleccionaron en este estudio por su alta producción fueron: "Queen", "Pineapple", "Valencia Olinda" y "Valencia Cutter".

Plantación y manejo: Los árboles se plantaron a una distancia de 8 x 4 m. Las hileras se orientaron en la dirección Norte-Sur. En los primeros dos años los arboles fueron irrigados utilizando un sistema de riego por goteo. A partir del tercer año se cambió a un sistema de riego por micro aspersión. Los volúmenes de riego se incrementaron a medida que los arboles crecieron. La fertilización durante los primeros años se basó en un programa recomendado para naranja en la región. Del cuarto año en adelante se aplicó un programa de fertilización basado en el análisis foliar y volumen de producción. Las plagas y enfermedades presentes en el follaje fueron controladas siguiendo el programa recomendado previamente para naranja en Colima (Garza-Lopez *et al.*, 2005).

VARIABLES ESTUDIADAS. Cada seis meses se registraron las siguientes variables: altura del árbol (A), diámetro de copa (DC), radio de copa (RC), diámetro del copa (DC), volumen de copa (VC) y área de suelo cubierta con follaje (ASF). Todas estas variables se midieron con un tubo de aluminio de 4 m previamente graduado cada 5 cm. El volumen de copa se calculó utilizando la ecuación de $VC = 2.04 (A) (RC^2)$ empleada en un trabajo previo (Medina-Urrutia *et al.*, 2007). La variable superficie de suelo cubierta con follaje se determinó con la fórmula del área del círculo. El rendimiento (Y), se registró en kg por árbol por año al sumar todas las cosechas por año, durante los siete años.

Análisis de correlación general: utilizando los datos de las variables de crecimiento: A, DC, RC, DC, VC, ASF y rendimiento (Y) de siete años, se aplicó un análisis de correlación general entre las distintas variables, para identificar aquellos parámetros de crecimiento que mostraron los mayores valores de correlación con el rendimiento.

Análisis de regresión múltiple rendimiento (Y) vs distintas variables de crecimiento (A, RC, DC, VC y ASF): con los mismos datos generales de crecimiento registrados en 7 años, se efectuaron varios análisis de regresión múltiple incorporando dos o más parámetros de crecimiento como variables dependientes y utilizando al rendimiento como la variable dependiente, con el fin de encontrar el o los modelos con aquellas variables de crecimiento que mostraron mayor contribución al rendimiento.

Análisis de regresión lineal por cultivar: a partir de los resultados anteriores, y dado que las ecuaciones múltiples arrojaron coeficientes de determinación relativamente bajos, se efectuaron los análisis de regresión lineal para cada una de cuatro variedades seleccionadas: “Queen”, “Pineapple”, “Valencia Cutter” y “Valencia Olinda”). Estas variedades fueron seleccionadas por mostrar hábitos de crecimiento muy diferentes, además de ser de las más productivas. Las ecuaciones de regresión estuvieron integradas por el rendimiento (Y) como la variable dependiente y únicamente el parámetro de crecimiento, volumen de copa (VC) como variable independiente. Con estos elementos en las ecuaciones de regresión se generaron los modelos que permite predecir la producción de cada variedad.

Estimación de la densidad de plantación y volumen de producción por variedad por año: una vez que se encontraron valores coeficientes de determinación elevados entre el rendimiento y el volumen de copa, se efectuaron cálculos para determinar la densidad de plantación a utilizar en base a la tasa de crecimiento expresada por volumen de copa (VC). Las estimaciones se realizaron para cada año, pero por medio de un análisis de varianza anual se determinó la densidad de plantación con mayor impacto en el rendimiento a los 4 y 9 años de la plantación.

Resultados y discusión

Análisis de correlación general: entre las variables de crecimiento hubo valores de correlación altos y positivos entre radio de copa (RC) y volumen de copa (VC) con las demás variables. Los coeficientes de correlación (r) de RC con A, DC, ASF, y VC fueron de $r=0.85$, $r=0.99$, $r=0.97$ y $r=0.89$, respectivamente. Así mismo los valores de correlación (r) entre el rendimiento (Y) y las variables de crecimiento A, RC, DC, VC y ASF fueron de $r=0.37$, 0.54 , $r=0.56$, $r=0.56$ y $r=0.59$, respectivamente. Estos valores se consideran aceptables no obstante la variabilidad que mostraron los diferentes cultivares de naranja respecto al crecimiento, rendimiento y alternancia de producción durante los nueve años que duró el estudio.

Análisis de regresión múltiple rendimiento (Y) vs distintas variables de crecimiento: Aunque se probaron varios modelos de regresión múltiple generales, incluyendo todas las variedades y todos los años de producción, el modelo de regresión más ajustado fue el siguiente $Y = -64.1 + 98.4 RC - 31.8 DC + 10.8 A - 0.16 DPA$, el cual obtuvo un valor bajo de coeficiente de determinación de $R^2=0.42$, el cual resultó, no significativo. En esa ecuación Y= rendimiento, RC= radio de copa, DC1= diámetro de copa Norte-Sur, A=Altura del árbol, DCP= diámetro del patrón.

Análisis de regresión lineal por variedad: En el Cuadro 1 aparecen las ecuaciones de regresión obtenidas para cada una de las variedades bajo estudio, así como los coeficientes de determinación y el nivel de significancia.

Se puede apreciar que en los modelos lineales, la variable dependiente Volumen de copa (VC) explica en gran medida el rendimiento potencial a obtenerse por cada una de las variedades de acuerdo a esta variable de crecimiento. Aunque los mayor coeficientes de determinación se obtuvieron en las variedad “Valencia Olinda” y “Pineapple” ($R^2=0.92$), no hubo significancia estadística en los modelos.

Cultivar	Modelo de regresión	Valor de R^2	Significancia al 95 %
“Valencia Olinda”	$Y = -3.03 + 1.7 VC$	0.87	NS
“Valencia Cutter”	$Y = -9.23 + 1.53 VC$	0.78	NS
“Queen”	$Y = -11.82 + 1.2 VC$	0.79	NS
“Pineapple”	$Y = -18.7 + 1.61 VC$	0.86	NS

Tabla 1 Ecuaciones de regresión lineal para estimar rendimiento en base al volumen de copa de variedades de naranja

Estimación de la densidad y rendimiento potencial: en el cuadro dos se presentan datos de la densidad potencial estimada en base los parámetros de crecimiento, particularmente el volumen de copa; así como también los valores potenciales de producción, los cuales fueron calculados de acuerdo al rendimiento registrado previamente (Medina-Urrutia *et al.*, 2007).

En la Tabla 2 se aprecia que la cantidad inicial de árboles por ha a plantar para las variedades estudiadas oscila entre 900 y 1160 arboles por ha. Con el volumen de copa desarrollado a la edad de 3 a 4 años y utilizando el rendimiento por árbol registrado en un trabajo previo, es posible obtener en los primeros dos años de cosecha rendimientos de 29.3, 32.4, 20.0, 27.6 ton/ha, en las variedades Pineapple, Queen, Valencia Olinda y Valencia Cutter respectivamente. Debido a que los arboles expanden su copa en edad adulta, la densidad de plantación estimada a los 7 a 9 años de edad sería de 345 a 390 árboles/ha, con lo cual se obtendrían rendimientos de 67.6, 43.6, 45, 61.0 ton ha, para las variedades “Pineapple”, “Queen”, “Valencia Olinda” y “Valencia Cutter”, en ese orden.

Asumiendo que para los productores, resulta complicado manejar plantaciones con poblaciones superiores a 900 árboles por ha, debido a la falta de experiencia en poda, los citricultores podrían optar por utilizar densidades altas de 530 a 580 árboles/ha desde un inicio con lo cual podrían lograr rendimientos anuales de 35 a 48 ton ha, a partir de 4 año de vida. En este caso se omite la ventaja de una producción alta en los primeros dos años, cuando el rendimiento probable sería menor a 25 ton/ha.

Existen numerosas evidencias de la obtención de alto rendimiento con el empleo de altas en cítricos en comparación con las densidades bajas (Boswell *et al.*, 1982; Medina-Urrutia, *et al.*, 2001; Intrigliolo *et al.*, 1992, Hutton y Cullis, 1981; Morimoto y Ozawa, 2000, Stuchi y Donadio, 2003; Wheaton *et al.*, 1991). Además se ha reportado que con las altas densidades se obtiene una rápida tasa de retorno de capital y una mayor rentabilidad durante la vida productiva de los árboles (Wheaton *et al.* 1990; Medina-Urrutia *et al.*, 2001; Intrigliolo *et al.*, 1992; Hutton y Cullis, 1981; Stuchi y Donadio, 2003; Morimoto y Ozawa, 2000; Rabe, 2004). Por tanto, aunque en el presente trabajo no se hicieron comparaciones en campo de plantaciones con diferente densidad, los resultados apoyados en soporte estadístico, aportan una base adecuada para decidir sobre el uso de altas densidades, con potencial de elevados rendimientos desde temprana edad, lo cual puede ser de utilidad para los productores como una estrategia para mitigar el impacto del HLB donde esta enfermedad es endémica.

Conclusiones

Se obtuvieron valores de correlación (r) de 0.8 y 0.85 para las variables volumen de copa VC y área de suelo cubierta con follaje (ASF) y el rendimiento (Y). Entre las variable correlacionadas con el rendimiento, se utilizó el volumen de copa (VC) como variable independiente, y rendimiento (Y) como variable independiente, y se construyeron los modelos de regresión lineal para cada variedad, obteniendo coeficientes de determinación R^2 de 0.78 a 0.86 y un aceptable ajuste. Dado que VC mostro un aceptable ajuste con rendimiento, se usó esta variable para determinar las densidades de plantación durante los nueve años de crecimiento de los árboles.

Así las óptimas densidades iniciales de plantación que es posible utilizar con las variedades “Pineapple”, “Queen”, “Cutter” y “Olinda” variaron de 900 a 1160 árboles/ha, con un rendimiento que oscilo entre 20 y 32,4 ton/ha. Mientras que al llegar la edad adulta las densidades estimadas fueron de 340 a 390 árboles, cuando es posible cosechar de 43.6 a 67.6 ton/ha. Iniciando con densidades de 530 a 580 árboles/ha, y conservando esa población a lo largo de 9 años, el rendimiento estimado promedio anual del 4 al 9 año, llega entre 32 y 48 ton ha.

Referencias

- Boswell S.B., E. M. Nauer, D.R. Atkin. 1982. Performance of navel oranges at six different spacings. *Citrograph* 67(9): 207-212.
- Cary P.R. 1981. Citrus tree density and pruning practices for the 21st century. *Proc. Int. Soc. Citriculture*. 165-168.
- Garza-López, JG., V.M Medina-Urrutia, M.M. Robles-González, J. Orozco-Romero, S. Becerra-Rodríguez. 2005. Cultivares de naranja temprana y tardía para el trópico seco de Colima. Folleto Técnico # 1. SAGARPA-INIFAP-Campo Experimental Tecomán. 63 p.
- Hutton R.J., B.R. Cullis. 1981. Tree spacing on productivity of high density dwarf orange trees. 1981. *Proc. Int. Soc. Citriculture*. 186-190.
- Intrigliolo F., G Reforgiato R, A. Giuffrida. 1992. Effect of planting density and rootstock on performance of Valencia Orange. *Proc. Int. Soc. Citriculture*. 705-708.
- Medina-Urrutia, V. M; Becerra-Rodríguez, S; Ordaz-Ordaz, E. 2001. Crecimiento y rendimiento de limón mexicano con altas densidades de plantación en el trópico. *Chapingo Serie Horticultura*. (1): 43-50.
- Medina-Urrutia, VM; G. Zapian-Esparza; M.M. Robles-González; O. Pérez-Zamora; M. Orozco-Santos; T. Williams y S. Becerra-Rodríguez. 2007. Fenología, eficiencia productiva y calidad de fruta de cultivares de naranjo en el trópico seco de México. *Revista Mexicana de Fitogenética*. 30 (2):133-143.
- Medina-Urrutia V M, M M Robles-González, S Becerra-Rodríguez, J Orozco-Romero, M Orozco-Santos, J G Garza-López, M Ovando-Cruz, X Chávez-Contreras, F A Félix-Castro. 2001. El cultivo del limón mexicano. Libro Técnico # 1. SAGARPA-INIFAP-Campo Experimental Tecomán 188 p.
- Morimoto J. and Y. Orozawa. 2000. High density planting systems for satsuma mandarin in Wakayama prefecture, Japan. *Proc. Int. Soc. Citriculture*: 460-461-
- Rabe E. 2004. Citrus tree spacing and tree shape: concepts, effect on early production profile and fruit quality aspects: an overview. *Proc. Int. Soc. Citriculture*. 297-301.
- Robles-González, M M, J J Velázquez-Monreal, M A Manzanilla-Ramírez, M Orozco-Santos, Medina-Urrutia V M, J I López-Arroyo, R Flores-Virgen. 2013. Síntomas del huanglongbing (HLB) en árboles de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] y su dispersión en el estado de colima, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 19(1), 15-31.
- Stover E, W. S. Castle, P. Spyke. 2008. The Citrus Grove of the Future and Its Implications for Huanglongbing Management. *Proc. Sta. State Hort. Soc.* 121:155-159.
- Stuchi, S. E., and E Augusto-Girardi. 2010. Use of Horticultural Practices in Citriculture to Survive Huanglongbing. Brazilian Agricultural Research Corporation. Embrapa Cassava and Fruits. Ministry of Agriculture, Livestock and Food supply. Documents 189. First Edition. 69 pages.
- Stuchi, E. S. and Donadio, L. C. 2003. Performance of Tahiti Lime on *Poncirus trifoliata* var. *Monstrosa Flying Dragon* in Four Densities. *Fruits Paris* 58 (1): 13-7.
- Wheaton T A, W S Castle, J D Whitney, D.P.H. Tucker, R.P. Muraro.1990. A high density plantings. *Proc. Fla. Sta. Hort. Soc.* 103: 55-59.
- Wheaton T A, W S Castle, J D Whitney, D.P.H. Tucker. 1991. Performance of citrus scion cultivars and rootstocks in high-density planting. *HortScience* 26 (7): 837-840.