

## Evaluation of the conventional and controlled release fertilization, on the quality of jagua plants (*Genipa americana* L.) in nursery

### Evaluación de la fertilización convencional y de liberación controlada, sobre la calidad de plantas de jagua (*Genipa americana* L.) en vivero

Reyes-Castro, Ramiro<sup>1</sup>; Arreola-Enríquez, Jesús<sup>1\*</sup>; Carrillo-Ávila, Eugenio<sup>1</sup>; Obrador-Olán, José J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados Campus Campeche. Carretera Haltunchén-Edzná km 17.5, Sihochac, Champotón, Campeche, México. C. P. 24450. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina S/N, H. Cárdenas, Tabasco, México. C. P. 86500.

\*Autor para correspondencia: jarreola@colpos.mx

#### ABSTRACT

**Objective:** To select the type and dose of fertilizer suitable for the best quality, highest accumulation of dry biomass and photosynthetic rate in jagua plants (*Genipa americana* L.) in nursery.

**Design/methodology/approach:** A completely randomized experimental design with four repetitions was used. The plants were evaluated for a period of three months in nursery, for which at 20 days of age they were transplanted in 310 cm<sup>3</sup> polyethylene tubes using a substrate composed of vermiculite, perlite and peat, which was mixed with conventional fertilizer (CF) Triple 17 (17N-17P-17K) in doses of 3.3 (low), 6.6 (medium) and 10 kg \* m<sup>-3</sup> (high), and Osmocote<sup>®</sup> controlled release fertilizer (CRF) (15N-9P-12K), in doses of 10 (low), 20 (medium) and 30 kg m<sup>-3</sup> (high), plus a control without fertilization. The variables were measured: neck diameter, height, root length, aerial and radical biomass, robustness index (IR), biometric proportionality index (IPB), Dickson quality index (ICD) and photosynthetic rate. The averages were compared by the Tukey test at a 5% confidence level.

**Results:** Jagua plants fertilized with Osmocote<sup>®</sup> in its three doses (high, medium and low) showed the highest growth in all morphological variables; in IR the Osmocote<sup>®</sup> generated plants of better quality than the control, the IPB only the high dose of Osmocote<sup>®</sup> was different from the control although it is considered of lower quality; and in the ICD the low and medium doses were better than the control since they are considered of better quality; the photosynthetic rate was better with the application of Osmocote<sup>®</sup> fertilizer in all its doses than Triple 17 and the control.

**Limitations on study/implications:** The low dose (10 kg m<sup>-3</sup>) of the Osmocote<sup>®</sup> fertilizer presents a good option to generate jagua plants since it did not show differences with the high dose, however nutritional deficiencies will be noticed after three months after of the transplant.

**Findings/conclusions:** With the application of the Osmocote<sup>®</sup> controlled-release fertilizer in its three doses, jagua plants are obtained with better morphological attributes, greater biomass accumulation and photosynthetic rate than with the application of the conventional Triple 17 fertilizer.

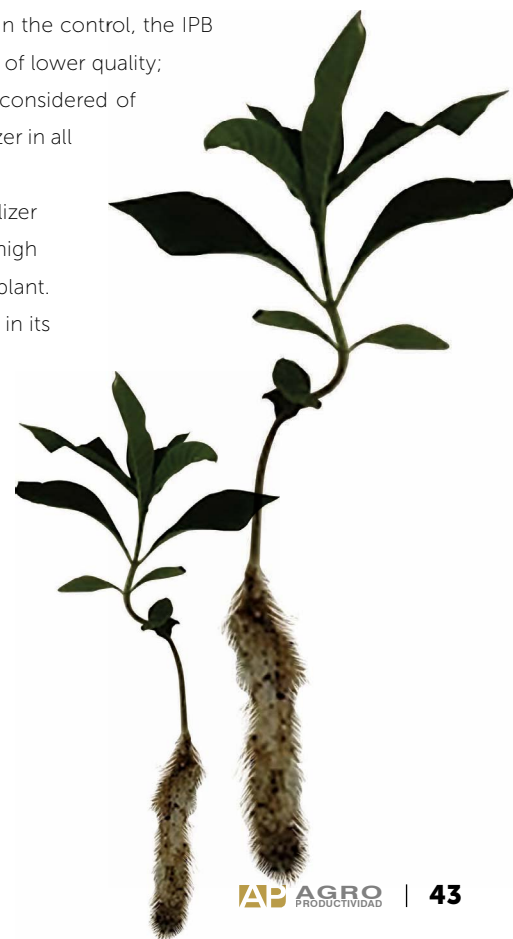
**Keywords:** *Genipa americana*, conventional fertilizer, controlled release fertilizer.

#### RESUMEN

**Objetivo:** Seleccionar el tipo y dosis de fertilizante adecuado para obtener la mejor calidad, mayor acumulación de biomasa seca y tasa fotosintética en plantas de jagua (*Genipa americana* L.) durante la etapa de vivero.

**Agroproductividad:** Vol. 13, Núm. 5, mayo. 2020. pp: 43-49.

**Recibido:** diciembre, 2019. **Aceptado:** abril, 2020.



**Diseño/metodología/aproximación:** Se empleó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. Las plantas fueron evaluadas por un periodo de tres meses en vivero, para los cual a los 20 días de edad fueron trasplantadas en tubetes de polietileno de 310 cm<sup>3</sup> de capacidad utilizando un sustrato compuesto de vermiculita, perlita y turba, el cual se mezcló con fertilizante convencional (FC) Triple 17 (17N-17P-17K) en dosis de 3.3 (baja), 6.6 (media) y 10 kg\*m<sup>-3</sup> (alta), y fertilizante de liberación controlada (FLC) Osmocote® (15N-9P-12K), en dosis de 10 (baja), 20 (media) y 30 kg m<sup>-3</sup> (alta), más un testigo sin fertilización. Se midieron las variables: diámetro del cuello, altura, longitud de raíces, biomasa aérea y radical, índice de robustez (IR), índice de proporcionalidad biométrica (IPB), índice de calidad de Dickson (ICD) y tasa fotosintética. Las medias fueron comparadas por la prueba de Tukey a un nivel del 5% de confianza.

**Resultados:** Las plantas de jagua fertilizadas con Osmocote® en sus tres dosis (alta, media y baja) presentaron el mejor desempeño en todas las variables morfológicas; en IR el Osmocote® generó plantas de mejor calidad que el testigo, en el IPB la dosis alta de Osmocote® fue de menor calidad que el testigo; y en el ICD las dosis baja y media resultaron ser mejores en calidad que el testigo; la tasa fotosintética fue mejor con la aplicación del fertilizante Osmocote® en todas sus dosis, respecto al fertilizante Triple 17 y al testigo.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** La dosis baja (10 kg m<sup>-3</sup>) del fertilizante Osmocote® presenta una buena opción para generar plantas de jagua ya que no presentó diferencias con la dosis alta, sin embargo se notar deficiencias nutrimentales a partir de los tres meses después del trasplante.

**Hallazgos/conclusiones:** Con la aplicación del fertilizante de liberación controlada Osmocote®, en sus tres dosis, se lograron obtener plantas de jagua con mejores atributos morfológicos, mayor acumulación de biomasa y tasa fotosintética, respecto a la aplicación del fertilizante convencional Triple 17.

**Palabras Clave:** *Genipa americana*, fertilizante convencional, fertilizante de liberación controlada.

frutos se consumen en fresco o se usan para la producción de dulces, mermeladas, jaleas y licores (Nascimento, 1997). Tiene una importancia ecológica, ya que los frutos sirven como alimento a la fauna nativa (Strong y Fragoso, 2006). Su madera se usa para la fabricación de diversos productos, como piezas curvas (mangos de herramientas, tornos, puertas y ventanas, etc.), carpintería en general, construcción civil y naval (Lorenzi, 2002). En Brasil, diversos usos medicinales se han atribuido tradicionalmente a esta especie, por ejemplo, la decocción de las hojas se ha utilizado como terapia antidiarreica y antisifilítica (Correa, 1984), mientras que las hojas macedadas, se utilizan para tratar la fiebre en algunas tribus nativas (Delprete et al., 2005). Encuestas etnobotánicas revelan su uso para el tratamiento de la tos, anemia, contusiones, luxaciones; como depurativo y asociado con creencias populares (Souza et al., 2013). Además, la decocción de corteza (*ad libitum*) se usa en el tratamiento de la malaria por parte de indígenas del Alto Río Negro en Amazonas (Kffuri et al., 2016), pero su mayor potencial radica en que su fruto inmaduro contiene altos niveles de iridoides, como la genipina, siendo esencial para la formación de color azul como resultado de su reacción con fuentes de aminas primarias (Bentes & Mercadante, 2014; Fujikawa et al., 1987).

Dada la tendencia a la sustitución de los colorantes artificiales, debido a los daños a la salud que les son atribuidos, por compuestos provenientes de la naturaleza y que no ocasionan efectos negativos a la salud humana, la jagua presenta un gran potencial en este contexto, aun siendo una especie no cultivada, por lo que, si recibiera un manejo

## INTRODUCCIÓN

**Las especies** tropicales son de amplia importancia comercial y alimentaria a nivel mundial, tanto para países y regiones de altos índices de desarrollo económico y bienestar como para lugares de restringidos niveles de ingreso y calidad de vida. En este contexto se abren múltiples perspectivas para la producción, transformación y exportación de productos y subproductos provenientes de especies tropicales del continente americano hacia los países desarrollados (Llauger et al., 2009).

Tal es el caso de la jagua o caruto (*Genipa americana* L.) que es un árbol originario de la región amazónica y crece de manera natural a lo largo de los bosques lluviosos tropicales y en parte subtropicales de América Latina (UNCTAD, 2005). Esta especie es aprovechada para alimento porque sus

adecuado para obtener una mayor producción, sería fuente importante de ingreso para muchos productores. Sin embargo, se requiere de capital y de conocimiento de la misma para que sea viable su establecimiento como cultivo, además de generar una adecuada tecnología (que disminuya el impacto negativo al ambiente) para su manejo y producción. El objetivo del presente trabajo es seleccionar el tipo y dosis de fertilizante adecuado para obtener la mejor calidad, mayor acumulación de materia seca y contenido nutrimental de macro nutrimentos en plantas de jagua durante la etapa de vivero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Colegio de Postgraduados, Campus Campeche, localizado en el kilómetro 17.5 de la Carretera Haltunchén-Edzná, a dos kilómetros del poblado Sihochac, municipio de Champotón; en las coordenadas geográficas Latitud Norte 19.501389 y Longitud Oeste 90.586111 a una altura de 20 msnm. De acuerdo a la clasificación climática de Köpen-Geiger modificado por García (1988), el clima prevaleciente en la zona es  $Aw_0$ , cálido subhúmedo con lluvias en verano, precipitación total anual de 1100 a 1500 mm y una temperatura promedio anual de 26 a 28 °C.

Para este estudio se utilizaron semillas de jagua provenientes de Huimanguillo, Tabasco, México. Las semillas fueron colectadas de plantas de traspacio en abril de 2019 (semilla fresca). La germinación de la semilla se efectuó en semillero hasta la etapa cotiledónea (plantines) y, posteriormente, se trasplantó a tubetes de polietileno de 310 cm<sup>3</sup> de capacidad con sustrato previamente pre-

parado. El sustrato fue una mezcla de turba, perlita y vermiculita (1:1:2), se le aplicaron los dos fertilizantes químico (convencional y liberación controlada); se mezcló de forma manual en bolsas de plástico de 40×60 cm.

Hubo siete tratamientos, seis de los cuales resultaron de la combinación factorial de dos fertilizantes, uno de liberación controlada: Osmocote® Plus 5-6M (15-9-12) en dosis de 10 (baja), 20 (media) y 30 kg m<sup>-3</sup> (alta) y otro convencional: Triple 17 (17N-17P-17K) en dosis de 3.3 (baja), 6.6 (media) y 10 kg m<sup>-3</sup> (alta), más un testigo sin fertilización. Se tuvieron cuatro repeticiones por tratamiento, con 15 plantas por repetición. El experimento se inició en mayo del año 2019.

Se registraron las siguientes variables en plantas de tres meses de edad: 1) Altura, con un flexómetro graduado en milímetros, desde la base del tallo hasta el ápice; 2) Diámetro del cuello de la raíz, en milímetros, con un calibrador digital vernier TRUPER®, resolución 0.01 mm, y exactitud de ± 0.02 mm; 3) Longitud de raíces, con una regla graduada en milímetros, desde el cuello de la raíz hasta la punta de la misma; 4) Biomasa aérea (hoja y tallo) y radical (raíces), en gramos, y cada parte se colocó en bolsas de papel estraza y éstas se colocaron en un horno Shell Lab® Mod. FX28-2, de circulación forzada por 72 h; después se pesó cada componente en una balanza analítica Option®, con una precisión de 0.1 mg; 5) Tasa fotosintética con el medidor portátil de fotosíntesis LI-6400X®. Además, se estimaron los índices de robustez (IR), el índice de proporcionalidad biométrica (IPB) y el índice de calidad de Dickson (ICD), cuyos valores se clasificaron en alto, medio y bajo (Cuadro 1).

El cálculo de los índices y su clasificación se basó en lo indicado por Escamilla et al. (2015):

$$IR = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro del cuello de la raíz (mm)}}$$

$$IPB = \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca radical (mm)}}$$

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total de la planta (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro del cuello de la raíz (mm)}} + \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca radical (g)}}}$$

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con base en un diseño factorial para los tratamientos resultantes de la combinación de los fertilizantes y dosis, y otro ANOVA con base en un diseño completamente al azar para los siete tratamientos (incluyen al testigo). Ambos análisis de

**Cuadro 1.** Valores que califican la calidad de planta con crecimiento normal en vivero forestal (Sáenz et al., 2010).

Índice de calidad	Alto	Medio	Bajo
IR	<6.0	6.0 a 8.0	>8.0
IPB	1.5 a 2.0	2.0 a 2.5	>2.5
ICD	>0.5	0.2 a 0.5	<0.2

IR=índice de robustez; IPB=índice de proporcionalidad biométrica; ICD=índice de calidad de Dickson.

varianza se hicieron mediante el programa SAS 9.4; y la comparación múltiple de medias fue mediante la prueba de Tukey ( $p=0.05$ ).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características morfológicas (diámetro del cuello de la raíz, altura y longitud de raíces) de las plantas de jagua fueron mayores (a excepción de la longitud de raíces que no presentó diferencias significativas ( $p>0.05$ ), al ser fertilizadas con Osmocote® en sus tres dosis (alta, media y baja) como se observa en la Figura 1.

Con respecto al diámetro del tallo se obtuvo que el fertilizante de liberación controlada Osmocote® fue estadísticamente similar en sus tres dosis, aunque presentó un valor más alto con diferencias estadísticas significativas con el resto de los tratamientos. Los tratamientos en los que se utilizó Triple 17 fueron estadísticamente similares entre si e incluso con el testigo (Cuadro 2). Los FLC tienen la ventaja de liberar los nutrientes a una tasa que coincida con la demanda de la planta y de esta forma evitar pérdidas, al disminuir la frecuencia en la fertilización y las pérdidas por lixiviación, volatilización o degradación, favoreciendo la calidad de la planta (Jiménez, 1992; Shaviv, 2001) en contraste con los FC.

Para pasar plantas latifoliadas de vivero a campo, éstas deben tener una altura de entre 20 y 25 cm (CONAFOR, 2009), por lo que es necesario esperar al menos un mes

**Cuadro 2.** Efecto de dos diferentes fertilizantes a diferentes dosis en las características morfológicas de plantas de jagua de tres meses de edad en vivero.

Tratamiento	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Longitud de raíces (cm)
O-A	4.165 a	16.63 a	15.75 a
O-M	4.255 a	18.85 a	17.125 a
O-B	4.285 a	16.915 a	16.25 a
T-A	3.05 b	12.29 b	15.375 a
T-M	3.1505 b	11.025 bc	15.125 a
T-B	3.28 b	11.65 bc	16.375 a
TESTIGO	3.115 b	9.25 c	17.5 a

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p=0.05$ ).

O=Osmocote®, T=Triple 17 en tres dosis (A=Alta, M=Media y B=Baja).

más para que se alcancen dichos valores como se observa en el Cuadro 2. Mexal & Landis (1990) indican que, valores de supervivencia mayores al 80% se alcanzan cuando las plantas tienen de 5 a 6 mm de diámetro.

Del análisis estadístico del experimento factorial se observaron diferencias estadísticas significativas entre los fertilizantes Osmocote® y Triple 17 en el diámetro y altura, siendo estadísticamente mejor el fertilizante Osmocote®, con el que se obtuvo un diámetro de 4.235 mm y una altura de 17.465 cm en promedio. Por lo que respecta a la longitud de raíces no se observaron diferencias significativas entre tipos de fertilizantes. Con relación al



**Figura 1.** Efecto de dos formulaciones de fertilizantes a diferentes dosis en las características morfológicas de plantas de jagua (*G. americana* L.) de tres meses de edad en vivero. T-A=Triple 17 en dosis alta, T.M=Triple 17 en dosis media, T-B=Triple 17 en dosis baja, O-A=Osmocote® en dosis alta, O-M=Osmocote® en dosis media y O-B=Osmocote® en dosis baja.

factor dosis no se obtuvieron diferencias estadísticas entre los niveles para las variables de diámetro, altura y longitud de raíces, como se puede observar en el Cuadro 5. En comparación Escamilla (2014) reporta que, en las dosis de aplicación de los fertilizantes, se obtuvieron resultados significativamente mayores ( $p \leq 0.05$ ) a mayores dosis con la aplicación de Osmocote® por lo general, a dosis de 20 y 30 kg m<sup>-3</sup>.

La acumulación de biomasa tanto en la parte aérea como en la radical mostró que el fertilizante Osmocote® en sus tres dosis (alta, media y baja) fueron estadísticamente diferentes del testigo, aunque no fueron significativamente diferentes del fertilizante Triple 17 y éste a su vez fue estadísticamente similar al testigo (Cuadro 6). Los fertilizantes de liberación controlada suelen ser más eficientes que los convencionales en la etapa vivero, aunque existen pocos estudios que consideren el comportamiento que tienen estas plantas en campo, sobre

todo en lo que se refiere a los porcentajes de sobrevivencia (Oliet et al., 1999).

La tasa fotosintética se incrementó con la aplicación del fertilizante Osmocote®, observándose valores más elevados y estadísticamente mayores que los obtenidos con el fertilizante Triple 17 y el testigo. No se encontraron diferencias estadísticas dentro de las dosis aplicadas en ambos fertilizantes. Por otra parte la aplicación del fertilizante Triple 17 no originó diferencias significativas con el testigo (Cuadro 5), lo cual se puede deber a que los contenidos de nitrógeno ya que según Taiz y Zieger (1998) y Ciompi et al. (1996), el contenido de este elemento repercute en la cantidad de RUBISCO y clorofila que presentan las hojas y, a su vez, la producción de biomasa está en función de la tasa fotosintética. Sin embargo, la correlación entre el contenido de nitrógeno y la eficiencia fotosintética varía dependiendo del hábitat de la planta y de factores ambientales como la temperatura

**Cuadro 3.** Valores promedio de las características morfológicas con la aplicación de diferentes fertilizantes en tres dosis a plantas de jagua de tres meses en vivero.

Fertilizante	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Longitud de raíces (cm)
Osmocote	4.235 a	17.465 a	16.375 a
Triple 17	3.1602 b	11.655 b	15.625 a
<b>Dosis</b>			
Alta	3.6075 a	14.46 a	15.5625 a
Media	3.7028 a	14.9375 a	16.125 a
Baja	3.7825 a	14.2825 a	16.3125 a

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

**Cuadro 4.** Efecto de dos diferentes fertilizantes a diferentes dosis en la acumulación de biomasa de la parte aérea y radical de plantas de jagua en vivero.

Tratamiento	Biomasa seca de la parte aérea (g)	Biomasa seca de la parte radical (g)
O-A	1.65 a	0.32583 ab
O-M	1.7858 a	0.455 a
O-B	1.61 a	0.465 a
T-A	0.6367 ab	0.23333 ab
T-M	0.6808 ab	0.22083 ab
T-B	0.7267 ab	0.22667 ab
TESTIGO	0.375 b	0.09833 b

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p = 0.05$ ).

O=Osmocote®, T=Triple 17 en tres dosis (A=Alta, M=Media y B=Baja).

**Cuadro 5.** Efecto de dos diferentes fertilizantes a diferentes dosis en la tasa fotosintética de plantas de jagua de tres meses de edad en vivero.

Tratamiento	Fotosíntesis (mmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )
O-A	11.43925 a
O-M	10.99425 a
O-B	9.897 a
T-A	3.924 b
T-M	4.7815 b
T-B	4.3185 b
TESTIGO	6.1925 b

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p = 0.05$ ).

O=Osmocote®, T=Triple 17 en tres dosis (A=Alta, M=Media y B=Baja).

**Cuadro 6.** Valores promedio de la tasa fotosintética aplicando dos diferentes fertilizantes en tres dosis a plantas de jagua de tres meses de edad en vivero.

Fertilizante	Fotosíntesis (mmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )
Osmocote	10.7768 a
Triple 17	4.3413 b
<b>Dosis</b>	
Alta	7.6816 a
Media	7.8879 a
Baja	7.1078 a

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

y la radiación (Evans, 1989; Toth *et al.*, 2002; Lamsfus *et al.*, 2003). Por lo tanto, al medir la tasa fotosintética podemos tener una buena aproximación de la productividad que tendrán las plantas al llevarlas a la etapa de producción.

Como resultado del análisis estadístico del experimento factorial se obtuvo que con la aplicación del fertilizante Osmocote® se obtiene un valor significativamente mayor en la actividad fotosintética con respecto a los valores observados con la aplicación del fertilizante Triple 17. Por lo que respecta al factor dosis no se encontraron diferencias estadísticas entre ellas, como se puede observar en el Cuadro 6.

De acuerdo con Saenz *et al.* (2010), los valores encontrados para el índice de robustez (IR), corresponden a la obtención de plantas de alta calidad (<6.0) en todos los tratamientos, en los que no obstante se encontraron diferencias significativas al aplicar el fertilizante Osmocote® en todas sus dosis en comparación con el testigo y con la aplicación del triple 17 en sus dosis media y baja. Valores significativamente más bajos fueron observados en el tratamiento testigo y con la dosis media del triple 17. El índice de proporcionalidad biométrica (IPB), denota plantas de baja calidad (>2.5) en todos los casos, siendo sólo la dosis alta del fertilizante Osmocote® estadísticamente diferente del resto de los tratamientos y obteniendo el rango de calidad más bajo (valor más alto del IPB), en contraste con el valor obtenido en la dosis alta del fertilizante triple 17 que presenta la mejor característica de calidad de proporcionalidad biométrica (menor valor del IPB), aunque estadísticamente igual a los demás tratamientos a excepción del valor obtenido con Osmocote® en su dosis alta (Rodríguez, 2008). En el índice de calidad de Dickson (ICD) se obtuvieron plantas de mediana calidad (0.2-0.5) con el fertilizante Osmocote® en sus tres dosis, siendo con la dosis baja con la que se obtuvo el mejor valor promedio; con el fertilizante triple 17 se observaron plantas de baja calidad (ICD<0.2) en todas sus dosis y en el tratamiento el testigo, siendo éste el que presentó el valor más bajo en calidad (Cuadro 7).

## CONCLUSIONES

El fertilizante de liberación controlada Osmocote®, en sus dosis media y baja (20 y 10 kg m<sup>-3</sup>, respectivamente), generó plantas de mejor calidad, con características morfológicas e índices IR, IPB e ICD estadísticamente superiores, con biomasa de la parte aérea y parte radical estadísticamente más

**Cuadro 7.** Efecto de los diferentes fertilizantes a diferentes dosis en los índices de calidad en plantas de jagua en vivero.

Tratamiento	IR	IPB	ICD
O-A	3.8934 ab	5.2461 a	0.2192 ab
O-M	4.1312 b	3.9643 ab	0.27551 a
O-B	3.8863 ab	3.4792 b	0.28178 a
T-A	3.6073 abc	2.729 b	0.13769 ab
T-M	3.2499 cd	3.1067 b	0.14257 ab
T-B	3.4611 c	3.3423 b	0.14227 ab
TESTIGO	2.8447 d	3.8374 b	0.07106 b

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, p=0.05).

O=Osmocote®, T=Triple 17 en tres dosis (A=Alta, M=Media y B=Baja).

IR=Índice de robustez, IPB=Índice de proporcionalidad biométrica, ICD=Índice de calidad de Dickson.

alto y eficiencia fotosintética significativamente mayor en plantas de jagua (*G. americana* L.) en etapa de vivero, con respecto al fertilizante convencional triple 17 en sus tres dosis y al tratamiento testigo.

## LITERATURA CITADA

- Bentes, A. D. S., & Mercadante, A. Z. (2014). Influence of the stage of ripeness on the composition of iridoids and phenolic compounds in genipap (*Genipa americana* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62: 10800-10808.
- Ciampi, S., Gentili, E., Guidi, L. and Franco, G. (1996). The effect of nitrogen deficiency on leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence parameters in sunflower. *Plant Science*, 118 (2): 177-184.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2009). Criterios técnicos para la producción de especies forestales de ciclo corto (rápido crecimiento) con fines de restauración. México. 9 p.
- Corrêa, P.M. (1984). *Dicionário das plantas úteis do Brasil y das exóticas cultivadas*. IBDF, Rio de Janeiro.
- Delprete, P.G., Smith, L.B. y Klein, R.M. (2005). *Flora Ilustrada Catarinense: Rubiáceas*. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí.
- Escamilla, N. (2014). Efecto de fertilizantes de liberación controlada en el crecimiento de *Tectona grandis*, etapa de vivero. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Tabasco, México. 52 p.
- Escamilla, N., Obrador, J.J., Carrillo, E. y Palma, D.J. (2015). Uso de fertilizantes de liberación controlada en plantas de teca (*Tectona grandis*), en la etapa de vivero. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38 (3): 329-333.
- Evans, J.R. (1993). Photosynthetic Acclimation and Nitrogen Partitioning Within a Lucerne Canopy. I. Canopy Characteristics. *Australian Journal of Plant Physiology*, 20(1): 55-67.
- Fujikawa, S., Fukui, Y., Koga, K., Iwashita, T., Komura, H., & Nomoto, K. (1987). Structure of genipocyanin G1, a spontaneous reaction product between genipin and glycine. *Tetrahedron Letters*, 28: 4699-4700.
- García, E. (1988). Modificaciones al Sistema de clasificación Climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana, 4a ed., OFFSET Larios, México.

- Jiménez, G. S. (1992). Fertilizantes de liberación lenta. Tipos, evaluación y aplicaciones. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 146 p.
- Kffuri, C.W., Lopes, M.A., Ming, L.C., Odonne, G. and Kinupp, V.F. (2016). Antimalarial plants used by indigenous people of the Upper Rio Negro in Amazonas, Brazil. *Journal of Ethnopharmacology*, 178: 188-198.
- Lamsfus, C., Lasa, B., Aparicio, P.M. e Irigoyen I. (2003). Implicaciones ecofisiológicas y agronómicas de la nutrición nitrogenada. En: Reigosa MJ, Pedrol N, Sanches-Moreiras A, editores. *La ecofisiología vegetal: Una ciencia de síntesis*. España. Paraninfo S.A. pp. 361-386.
- Llauger, R., Farrés, E., Placeres, J., Peña, O., Alonso, M., Betancourt, M., García, M.E., Correa, A., Rodríguez, G. y Pérez, J. (2009). Proyección estratégica para la producción de los frutales en Cuba. *Revista CitriFrut*, 26: 3-5.
- Lorenzi, H. (2002). *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 367 p.
- Mexal, J. G. & Landis, T. D. (1990). Target seedling concepts: height and diameter. *In: Target seedlings symposium. General Technical Reports-USDA Forest Service* 13: 105-119.
- Nascimento, W.M.O. (1997). Caracterización de la morfo anatómica, comportamiento germinativo y evaluación de las técnicas para la prueba de la tetrazólio en semillas de jenipapo (*Genipa americana* L.). Tesis de maestría. Universidad Estadual Paulista, Brasil.
- Oliet, J.; Segura, M.L.; Domínguez, F.M.; Blanco, E.; Serrada, R.; López, A.M. y Artero, F. 1999. Los fertilizantes de liberación controlada lenta aplicados a la producción de planta forestal de vivero. Efecto de dosis y formulaciones sobre la calidad de *Pinus halepensis* Mill. *Investigación Agrícola: Sistemas y Recursos Forestales* 8(1): 207-228.
- Rodríguez, D. A. (2008). Indicadores de calidad de planta forestal. Universidad Autónoma Chapingo. Mundi Prensa. México. 156 p.
- Sáenz, R. J. T., Villaseñor, R. F. J., Muñoz, F. H. J., Rueda, S. A. y Prieto, R. J. A. (2010). Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico Núm. 17. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. 48 p.
- Shaviv, A. (2001). Advances in Controlled-Release Fertilizers. *Advances in Agronomy*. 71: 1-49.
- Souza, R.K.D., Mendonça, A.C.A.M. y Silva, M.A.P. (2013). Aspectos etnobotánicos, fitoquímicos y farmacológicos Especies de Rubiaceae en Brasil. *Revista Cubana de Planta*, 18: 140-156.
- Strong, J.N. y Fragoso, J.M. (2006). Dispersión de semillas por *Geochelone carbonaria* y *Geochelone denticulata* en el noroeste de Brasil. *Biotropica*, 38: 683-686.
- Taiz, L. & Zeiger, E. (1998). *Plant Physiology*. 2nd Edition, Sinauer Associates Publishers, Sunderland, Massachusetts. <http://dx.doi.org/10.1071/PP9840361>.
- Tóth, V.R., Mészáros, I., Veresa, S. & Nagy, J. (2002). Effects of the available nitrogen on the photosynthetic activity and xanthophyll cycle pool of maize in field. *Journal of Plant Physiology*, 159 (6): 627-634.
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). (2005). Market brief in the European Union for selected natural ingredients derived from native species. (<http://www.biotrade.org/ResourcesPublications/biotradebrief-genipaamericana.pdf>). (Consultado 13.11.2017).

