



Crecimiento y rendimiento de sandía injertada en suelo infestado con *Meloidogyne incognita* (Tylenchida: Heteroderidae)

Growth and yield of grafted watermelon in *Meloidogyne incognita* (Tylenchida: Heteroderidae) infested soil

C.I. Basto-Pool¹, V. Reyes-Oregel², E. Herrera-Parra¹, J.M. Tun-Suarez², and J. Cristóbal-Alejo^{2*}

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Mocochá, Yucatán, México.

² Tecnológico Nacional de México, Campus Conkal, Yucatán, México.

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el crecimiento, rendimiento y tolerancia de injertos de sandía al parasitismo de *Meloidogyne incognita*. Se injertó sandía (*Citrullus lanatus* cv. "Cal sweet") sobre portainjertos criollos regionales: 1) *Lagenaria siceraria*, 2) *Cucurbita moschata*, 3) *Cucumis melo*, 4) *Cucumis sativus* y 5) *Citrullus lanatus* cv. "Cal sweet", sin injertar. El experimento se estableció en condiciones de campo abierto en la temporada de otoño-invierno 2019. El diseño experimental fue de bloques completos al azar, cada tratamiento constó de 25 plantas como unidad experimental. Se evaluaron variables agronómicas, rendimiento y tolerancia a nematodos. Las plantas injertadas florecieron ocho días antes, presentaron mayor crecimiento, incrementaron el rendimiento (18.52 t ha⁻¹) y tamaño del fruto hasta 18 % respecto al testigo. La sandía injertada sobre *L. siceraria* y *C. moschata* obtuvieron el menor índice de agallamiento (11 y 25 % respectivamente), número de huevos por un gramo de raíz (544 y 753 respectivamente) y número de hembras por un gramo de raíz teñida (12 y 22 respectivamente) en comparación con el testigo. El estudio mostró que el crecimiento, la floración y el rendimiento de las plantas injertadas fueron influenciadas positivamente por los portainjertos ante la presencia de nematodos.

Palabras clave: Cucurbitáceas, injerto, nematodo agallador, portainjertos.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the growth, yield and tolerance of grafted watermelon against parasitic *Meloidogyne incognita*. Watermelon (*Citrullus lanatus* cv. "Cal sweet") was grafted on regional creole rootstocks: 1) *Lagenaria siceraria*; 2) *Cucurbita moschata*; 3) *Cucumis melo* 4) *Cucumis sativus* and 5) *Citrullus lanatus* cv. "Cal sweet" ungrafted (control). The experiment was established under open field conditions in the 2019 autumn-winter season. The experimental design was randomized complete blocks, each treatment consisted of 25 plants as experimental unit. Agronomic variables, yield, and tolerance to nematodes were evaluated. The grafted plants flowered eight days earlier and presented higher growth yield (18.5 t ha⁻¹) and fruit size up to 18 % compared to the control. The watermelon grafted on the rootstocks of *L. siceraria* and *C. moschata* obtained the lowest galling index (11 and 25 % respectively), number of eggs per gram of root (544 and 753 respectively) and number of fema-

les per gram of dyed root (12 and 22 respectively) compared to the control. The study showed that growth, flowering and yield of grafted plants were significantly influenced by the rootstocks despite the presence of nematodes.

Key words: Cucurbitaceae, grafting, root-knot nematodes, rootstocks.

INTRODUCCIÓN

La sandía (*Citrullus lanatus*) es una de las hortalizas de mayor consumo en México y se cultiva en sistemas de producción en condiciones protegidas y de campo abierto (SIAP, 2022); sin embargo, existen factores fitosanitarios que limitan el cultivo, como los nematodos del género *Meloidogyne*, responsables de las mayores pérdidas de producción en hortalizas de regiones tropicales y subtropicales (Pofu *et al.*, 2011; Villocino y Quevedo, 2015). Las plantas afectadas manifiestan disminución del crecimiento, clorosis generalizada, marchitez y menor calidad de frutos, debido a que las raíces se atrofian por la formación de agallas o nódulos (Herrera-Parra *et al.*, 2011). Para su control, se aplican nematicidas sintéticos con elevados costos económicos, deterioro ambiental y afectaciones en la salud (Xie *et al.*, 2015). Una alternativa es el uso de plantas injertadas sobre portainjertos tolerantes cuya fortaleza genética permite una producción sustentable (Thies *et al.*, 2016). Además, el injerto proporciona tolerancia al estrés, ayuda a mejorar la absorción de nutrientes, la calidad y el rendimiento en plantas (Thies *et al.*, 2016; Elsheery *et al.*, 2020). También, permiten mayor adaptación y desarrollo vegetativo en comparación con las plantas sin injertar (Rouphael *et al.*, 2017; Elsheery *et al.*, 2020). Rouphael *et al.* (2017) mencionan que el injerto se considera el mejor método para controlar las enfermedades causadas por fitopatógenos con origen en el suelo. Estudios previos han mostrado que la injertación en cucurbitáceas permite implementar un control sustentable de estas enfermedades (Abd-El Wanis *et al.*, 2013; Goreta-Ban *et al.*, 2014; Guan *et al.*, 2014; Thies *et al.*, 2015, 2016). Así, el uso de sandía injertada sobre portainjertos de *Cucumis myriocarpus* y *C. africanus* presentaron mayor tolerancia al parasitismo de *M. incognita* en comparación con los tratamientos sin injertar, éstos mermaron del 46 a 60 % su producción (Pofu *et al.*, 2012). Asimismo, en melón (*C. melo*) y pepino (*C. sativus*) injertado sobre portainjertos de *C. metuliferus* y *Citrullus colocynthis* observaron menor número de agallas y masas de huevos de *Meloidogyne* spp. (Guan *et*

*Autor para correspondencia: Jairo Cristóbal Alejo
Correo electrónico: jairoca54@hotmail.com

Recibido: 26 de Agosto de 2022

Aceptado: 29 de Enero de 2023

al., 2014; Punithaveni *et al.*, 2015). En pepino injertado sobre portainjertos de *Cucurbita argyrosperma* y *C. ficifolia* se mejoró el crecimiento y el vigor de las plantas aun en presencia de nematodos (Hernández-González *et al.*, 2014).

Con base a lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento, rendimiento y tolerancia de injertos de sandía al parasitismo de *M. incognita*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización geográfica y material vegetal

El estudio se realizó en el Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán, ubicado al noreste de Mérida a 21° 15' LN y 89° 32' LO. El clima es cálido sub-húmedo, con temperatura y precipitación media anual de 26.8 °C y 469 mm, respectivamente (SMN, 2022).

Las semillas de los portainjertos; *Lagenaria siceraria*, *Cucurbita moschata*, *C. melo* y *C. sativus* se obtuvieron de colectas regionales de Yucatán y las semillas del injerto de sandía (*C. lanatus* cv. Cal sweet) se obtuvo de la empresa Kristen Seed, S.A. DE C.V.

Producción de plántulas e injertos

Las semillas de los portainjertos se sembraron en charolas de poliestireno de 200 cavidades con musgo canadiense (Sunshine®) y 8 días después, se realizó la siembra del cultivar comercial a injertar.

Cuando las plántulas de los cuatro portainjertos y el cultivar a injertar desarrollaron la primera hoja verdadera y presentaron un diámetro de tallo superior a 2.5 mm (Pardo-Alonso *et al.*, 2019) se realizó el injerto con la técnica de aproximación (Mohamed *et al.*, 2014). Posteriormente, las plantas injertadas se mantuvieron durante 14 d en una cámara de adaptación en condiciones controladas (90 - 95 % de humedad relativa, 24 - 26 °C y 45 % de sombra) hasta el trasplante.

Se consideraron cinco tratamientos constituidos por los cuatro portainjertos de cucurbitáceas criollas: 1) *L. siceraria*, 2) *C. moschata*, 3) *C. melo*, 4) *C. sativus* y 5) sandía cv. "Cal sweet" sin injertar.

Establecimiento del experimento

El cultivo se estableció en condiciones de campo abierto en la temporada de otoño-invierno de 2019. Se desinfectó el suelo con una caldera mediante arrastre de vapor durante 4 horas a 100 °C. Posteriormente, en macetas con capacidad de 5 kg, se depositó suelo estéril tipo cambisol de textura franco-arcilloso. Las plantas injertadas y sin injertar (testigo) se trasplantaron 15 días después de realizar el injerto. La distancia de siembra fue de 1.5 m entre plantas y 2.5 m entre filas bajo un sistema de riego por goteo. El manejo agronómico se realizó de acuerdo a la producción comercial de sandía en campo abierto (Crawford, 2017).

Una semana después del trasplante, cada maceta se inoculó con 5 mL de solución que contenía 5000 huevos larvados de *M. incognita*. Los huevos del nematodo se extrajeron de raíces agalladas de una población pura de *M. incognita* mantenida en condiciones de invernadero en

cultivos regionales de *C. melo* y *Capsicum chinense*. Para la identificación y confirmación de la especie del nematodo, se extrajeron de tres raíces de cada cultivo, 10 hembras adultas de cada raíz, y se realizaron cortes perineales para observar el patrón cuticular, con arco dorsal alto y cuadrado, formado por estrías lisas y campos laterales ausentes, con algunas estrías que se bifurcan cerca de las líneas laterales, poco visibles y con frecuencia con estrías que se orientan hacia la región vulvar, dichas características coincidieron con *M. incognita* (Eisenback *et al.*, 1983; Harman y Sasser, 1985). El inóculo se preparó siguiendo la metodología de Ayoub (1977) y se introdujo en el suelo a través de cuatro orificios de 5 cm de profundidad alrededor del tallo de cada planta.

Variables evaluadas

Las variables de crecimiento fueron medidas a los 32 d después del trasplante (ddt), seleccionando 10 plantas al azar por cada tratamiento. El diámetro de tallo se midió con un vernier digital (Truper®, modelo 14388) a 1 cm por debajo de los cotiledones; la longitud de guía se midió con un flexómetro desde la base de la raíz hasta el meristemo apical de la guía principal; el número de guías se contabilizó de forma manual; la dinámica de floración se determinó contabilizando el número de botones florales abiertos.

La biomasa seca se determinó de cuatro plantas al azar por tratamiento separando la raíz y la parte aérea (tallo y hojas) de cada planta y se secaron en un horno de convección (Felisa® modelo FE293AD) a 65 °C hasta obtener un peso seco constante. El volumen de raíz se determinó por el método de desplazamiento de volúmenes descrito por Böhm (1979) para lo cual se introdujo la raíz de cada planta en una probeta graduada con agua tomando el dato del volumen de agua desplazado por las raíces. El rendimiento se evaluó a los 65 ddt, se seleccionaron al azar 10 frutos de cada tratamiento. Se contabilizó el número y el peso de esta variable con una balanza digital (Ohaus Scout Pro® modelo SP601) y se estimó el rendimiento potencial expresado en t ha⁻¹. Para los parámetros de calidad de la fruta se seleccionaron 5 frutos al azar por cada tratamiento. El diámetro polar se determinó desde el extremo apical hasta la base del fruto y el diámetro ecuatorial se midió en la parte media del fruto, con un flexómetro. Para estimar sólidos solubles, los frutos se cortaron transversalmente desde el ápice hasta la base del fruto, se tomó la pulpa de la parte externa hacia dentro y se homogenizó con un procesador (Oster® modelo 6662-13). Se cuantificó el extracto líquido obtenido de cada fruto con un refractómetro portátil (Atago® modelo ATC) y se expresó en ° Brix.

Para estimar la tolerancia o control del nematodo, se realizó un muestreo destructivo de cuatro plantas al azar por cada tratamiento a los 60 días después de la inoculación (ddi). Las raíces se lavaron con agua para eliminar el exceso de suelo, se estimó el índice de agallamiento, mediante una escala pictórica de seis clases (Taylor y Sasser, 1983): 0: sin agallas; 1: 1 - 10 % de las raíces agalladas; 2: 11 - 25 %; 3: 26 - 50 %; 4: 51 - 75 %; y 5: 76 - 100 % de las raíces agalladas.

Como variable de reproducción del nematodo, se contabilizó el número de huevos y hembras por gramo de raíz. La extracción de huevos se realizó fragmentando la raíz de cada planta, posteriormente se homogenizó y se tomaron 2 g de raíz, un gramo se licuó durante 11 s con una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 2 %, la suspensión resultante se vertió en tamices de malla número 50, 100, 200, 300 y 500, posteriormente la suspensión se depositó en una rejilla de conteo para nematodos bajo un microscopio compuesto (Leica® 4X modelo DM500). El restante, se tiñó con fucsina ácida a punto de ebullición durante 10 min con agua corriente, se eliminó el exceso del colorante y las raíces se depositaron en glicerina al 78 % para su disección en un microscopio estereoscópico (Leica® modelo EZ4), con el fin de contabilizar el número de hembras adultas (Ayoub, 1977).

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue de bloques completos al azar, cada tratamiento constó de 25 plantas como unidad experimental, mismas que constituyeron las repeticiones. A los datos obtenidos se les realizó una prueba de normalidad. Los datos en porcentaje se transformaron con la raíz cuadrada del arcoseno ($y = \arcsin(\sqrt{y/100})$) y posteriormente se realizó un análisis de varianza. En donde hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, se realizó una prueba de comparación de medias con el método de Tukey ($\alpha = 0.05$). Los análisis se realizaron con el software estadístico Statistica 7 (Statsoft, Tulsa, Ok, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación agronómica de los injertos

En el diámetro de tallo se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.01$). Los tratamientos 1) *L. siceraria* y 2) *C. moschata* superaron en un 15 y 12 % al tratamiento 5) sandía cv. "Cal sweet" sin injertar, sin embargo, los tratamientos 3) *C. melo* y 4) *C. sativus* obtuvieron los valores más bajos, superados en un 25 % en comparación con las plantas que tuvieron mayor diámetro de tallo (Tabla 1). En estudios con *Cucurbita* como portainjerto de *C. sativus*, el injerto influyó significativamente en el crecimiento y rendimiento de las plantas (Hernández-González *et al.*, 2014; Elsheery *et al.*, 2020).

En la longitud y número de guías se estimaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.01$), el tratamiento 1) *L. siceraria* tuvo los valores más altos (190.66 cm y 8.57), superiores a las plantas sin injertar, por lo que el injerto influyó en el crecimiento de las plantas (Tabla 1). En otros trabajos, también se reportaron en plantas injertadas, mejor crecimiento en la longitud y el número de guías (Pofu *et al.*, 2012; Hernández-González *et al.*, 2014).

En relación con la floración, a partir de los 25 ddt hasta los 46 ddt, los análisis de varianza mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.0001$). En el tratamiento 3) *C. melo* se registró el 51 % de floración a los 25 ddt, mientras que en el tratamiento 5) sandía cv. "Cal sweet" sin injertar, este pro-

Tabla 1. Efecto del injerto en el diámetro de tallo (DT), longitud de guía (LG) y número de guías secundarias (NGS) de las sandías injertadas y sin injertar.

Table 1. Graft effect on stem diameter (DT), guide length (LG) and number of secondary guides (NGS) of grafted and ungrafted watermelons.

Tratamientos	DT (mm)	LG (cm)	NGS
1) <i>L. siceraria</i>	6.74 ± 0.30 a	190.66 ± 6.54 a	8.57 ± 0.73 a
2) <i>C. moschata</i>	6.48 ± 0.37 a	182.25 ± 17.47 ab	8.41 ± 0.82 a
3) <i>C. melo</i>	4.97 ± 0.25 bc	156.96 ± 14.64 ab	7.32 ± 0.60 ab
4) <i>C. sativus</i>	4.12 ± 0.16 c	138.14 ± 12.32 b	5.13 ± 0.30 b
5) sandía cv. "Cal sweet" sin injertar	5.71 ± 0.31 ab	154.05 ± 13.15 ab	5.63 ± 0.18 b
CV (%)	10.12	13.03	8.83
DMS	1.21	45.68	2.31

Los datos son medias ± EE. n = 10. CV = Coeficiente de variación. DMS = Diferencia mínima significativa. Literales diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$).

medio en floración se obtuvo a los 39 ddt. A los 46 ddt los tratamientos con plantas injertadas (1-4) alcanzaron el 100 % de la floración, mientras que en el tratamiento 5) la sandía cv. "Cal sweet" sin injertar, se registró a los 53 ddt (Figura 1). El tratamiento 3) *C. melo* superó un 36 % al tratamiento 5) sandía cv. "Cal sweet" sin injertar, al manifestar el 50 % de floración en menor tiempo seguido del tratamiento 1) *L. siceraria* con un 18 %. Así, el uso de plantas injertadas en especies de cucurbitáceas (*C. melo* y *L. siceraria*) como portainjertos promovieron el crecimiento de primordios florales en menor tiempo, con lo que se redujo los días a floración. Estudios publicados por Pofu *et al.* (2012) en sandía cv. Congo y cv. Charleston Gray injertados en portainjertos de *C. africanus* y *C. myriocarpus* mostraron una floración temprana del 70-81 %. Lo que hace suponer, que el injerto puede incidir sobre la precocidad en la floración, debido a procesos hormonales en interacción con variables ambientales durante el proceso de formación en la unión del injerto (Devi *et al.*, 2020).

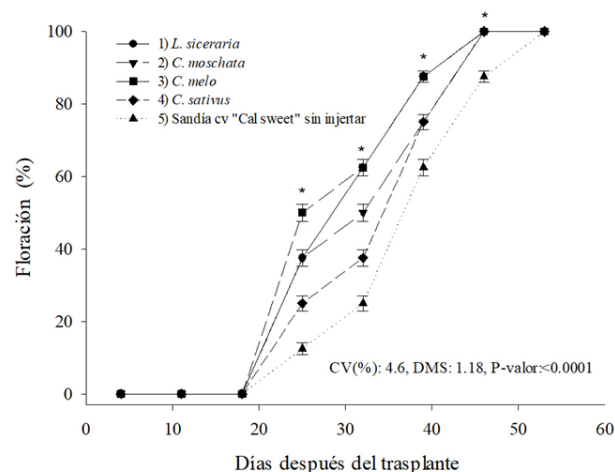


Figura 1. Dinámica de floración en plantas injertadas y sin injertar. CV = Coeficiente de variación. DMS = Diferencia mínima significativa. Los datos son medias. * = diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey, $\alpha = 0.05$) n = 25.

Figure 1. Flowering dynamics in grafted and ungrafted plants. CV = Coefficient of variation. LSD = Least significant difference. Data are means. * = significant statistical differences among treatments (Tukey, $\alpha = 0.05$) n = 25.

Aunque la injertación puede variar la expresión sexual y el orden de floración, la precocidad es atribuible a la unión portainjerto-injerto, lo cual influye en la concentración endógena de hormonas, lo que modifica el desarrollo y la fisiología de las plantas (Pofu et al., 2012).

En la biomasa seca foliar el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.01$). Los mejores tratamientos fueron: 3) *C. melo*, 1) *L. siceraria* y 2) *C. moschata* con promedios de 55.9, 53.2 y 51.9 g, respectivamente, lo que superaron en 36, 33 y 31 % al tratamiento 5) sandía cv. "Cal sweet" sin injertar. En el volumen y biomasa seca de raíz, el tratamiento 3) *C. melo* fue significativo ($P \leq 0.01$) en comparación con los demás tratamientos, al registrar valores de 29.3 cm³ y 2.5 g equivalente en 20 y 21 % superior al tratamiento 5) la sandía cv. "Cal sweet" sin injertar (Tabla 2). Por lo que la injertación mejoró la biomasa y el volumen de raíz. Incluso, en condiciones de estrés por sequía; plantas de sandía, injertadas sobre *Cucurbita* se han obtenido resultados significativos en el desarrollo del sistema de raíces y número de hojas (Poor, 2015). Es evidente una relación entre parte vegetativa-raíz, lo que es indicativo del crecimiento de la parte aérea, vinculado con el sistema de raíces y correlacionado con el crecimiento de ambos, lo que induce incrementos en biomasa (Pofu et al., 2012; Hernández-González et al., 2014). Lo que favorece en los injertos mayor crecimiento de raíz, mejor adaptación y desarrollo de las plantas, aun cuando se establecen en suelos con problemas por fitopatógenos (Thies et al., 2016; Roupheal et al., 2017).

Tabla 2. Efecto del injerto en biomasa seca foliar (BSF), biomasa seca de raíz (BSR) y volumen de raíz (VR) en sandía (cv. "Cal sweet").

Table 2. Grafting effect on foliar dry biomass (BSF), root dry biomass (BSR) and root volume (VR) in watermelon (cv. "Cal sweet").

Tratamientos	BSF (g)	BSR (g)	VR (cm ³)
1) "Cal sweet" sobre <i>L. siceraria</i>	53.23 ± 2.96 a	1.67 ± 0.28 ab	22.67 ± 1.76 ab
2) "Cal sweet" sobre <i>C. moschata</i>	51.90 ± 2.02 a	0.80 ± 0.17 ab	13.33 ± 2.40 bc
3) "Cal sweet" sobre <i>C. melo</i>	55.93 ± 2.41 a	2.50 ± 0.60 a	29.33 ± 2.33 a
4) "Cal sweet" sobre <i>C. sativus</i>	30.80 ± 1.02 b	0.33 ± 0.14 b	7.33 ± 2.40 c
5) "Cal sweet" sin injertar (testigo)	35.60 ± 1.20 b	1.97 ± 0.27 ab	23.33 ± 1.76 ab
CV (%)	11.34	14.94	11.56
DMS	10.92	1.82	11.12

Los datos son medias ± EE. n = 4. CV = Coeficiente de variación. DMS = Diferencia mínima significativa. Literales diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$).

En el rendimiento, se observaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.0467$) entre tratamientos, los tratamientos injertados superaron al testigo. La productividad se incrementó con el tratamiento 2) *C. moschata*, al producir un rendimiento potencial de 18.5 t ha⁻¹, superior en 35 % al

tratamiento 5) sandía cv. "Cal sweet" sin injertar con 12.0 t ha⁻¹ (Figura 2). En otro estudio con plantas de pepino, injertadas sobre *C. maxima* x *C. moschata* (Strong Tosa) se incrementó el rendimiento (30 - 50 %) en comparación con las plantas sin injertar (Goreta-Ban et al., 2014). En sandía, injertadas sobre *C. lanatus* var. Citroides) se incrementó del 27 - 34 % el rendimiento y hasta 50 % el tamaño del fruto en comparación con plantas sin injertar (Thies et al., 2015). También, en portainjertos de *C. africanus* y *C. myriocarpus* con el cv. Congo y el cv. Charleston Grey, se incrementó el rendimiento en 46 y 115 % (Pofu et al., 2012). Mientras portainjertos *C. maxima* x *C. moschata* incrementaron el rendimiento en 40 y 46 % sobre plantas sin injertar (Soteriou y Kyriacou, 2014).

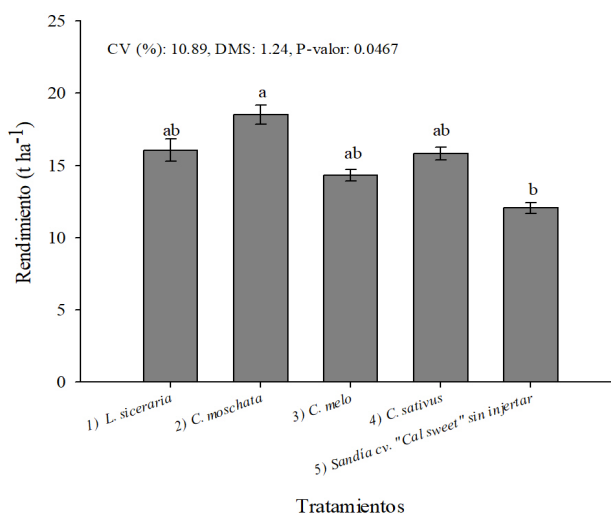


Figura 2. Rendimiento potencial de sandía (cv. "Cal sweet") injertada en portainjertos de cucurbitáceas de la región. Los datos son medias. CV = Coeficiente de variación. DMS = Diferencia mínima significativa. Literales diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey, $\alpha = 0.05$) n = 10.

Figure 2. Potential yield of watermelon (cv. "Cal sweet") grafted on cucurbit rootstocks from the region. Data is mean. CV = Coefficient of variation. LSD = Least significant difference. Different letters indicated significant differences among treatments (Tukey, $\alpha = 0.05$) n = 10.

En relación con el tamaño del fruto, en general, las plantas injertadas fueron de mayor tamaño comparado con los frutos de plantas sin injertar. El fruto de mayor tamaño se produjo en el tratamiento 2) *C. moschata*, con 66 cm de longitud y 51.7 cm de diámetro ecuatorial, superior en 16 y 18 % a los frutos del tratamiento 5) sandía cv. "Cal sweet" sin injertar (Tabla 3). El tamaño de frutos, también se reportó con portainjertos de *Cucurbita* y *C. lanatus*, en ambos portainjertos incrementaron el peso del fruto en 24 % (Fredes et al., 2016).

Con respecto al contenido de sólidos solubles, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las plantas injertadas y sin injertar (Tabla 3), por lo que el injerto no afectó el contenido de azúcares, aun cuando hay evidencia donde se muestran que la cantidad de azúcares totales en frutos puede ser modificada por los portainjertos (Abd-El Wanis et al., 2013; Villocino y Quevedo, 2015).

Tabla 3. Longitud del fruto (LFR), diámetro ecuatorial (DE) y contenido de sólidos solubles (CSS) de sandía (cv. "Cal sweet") injertada en diferentes especies de portainjertos.

Table 3. Fruit length (LFR), equatorial diameter (DE) and soluble solids content (SSC) of watermelon (cv. "Cal sweet") grafted on different rootstock species.

Tratamientos	LFR (cm)	DE (cm)	CSS (° Brix)
1) "Cal sweet" sobre <i>L. siceraria</i>	61.88 ± 3.79 ab	50.13 ± 1.38 ab	7.0 ± 1.04 a
2) "Cal sweet" sobre <i>C. moschata</i>	66.00 ± 3.46 a	51.75 ± 2.49 a	8.5 ± 0.57 a
3) "Cal sweet" sobre <i>C. melo</i>	62.75 ± 3.47 ab	46.13 ± 2.51 ab	8.5 ± 0.86 a
4) "Cal sweet" sobre <i>C. sativus</i>	63.38 ± 3.75 ab	45.60 ± 2.55 ab	7.6 ± 0.33 a
5) "Cal sweet" sin injertar (testigo)	55.25 ± 3.68 b	42.25 ± 0.59 b	8.5 ± 0.28 a
CV (%)	11.71	11.61	12.82
DMS	8.48	7.90	2.66

Los datos son medias ± EE. n = 5. CV = Coeficiente de variación. DMS = Diferencia mínima significativa. Literales diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$).

Respuesta de tolerancia a *M. incognita*

En el análisis de varianza se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.01$) entre tratamientos (Tabla 4). Las plantas del tratamiento 5) sandía cv. "Cal sweet" sin injertar, como se esperaba mostraron susceptibilidad a *M. incognita*, en las que se estimaron los mayores índices de agallamiento (76 - 100 %) y mayor población del nematodo (3, 340 huevos y 126 hembras), en comparación con los tratamientos de plantas injertadas. En los tratamientos 1) *L. siceraria* y 2) *C. moschata* se registraron los menores índices de agallamiento con promedios de 11 y 25 %, menor número de huevos con 544 y 753 y menor número de hembras por gramo de raíz con 12 y 22, respectivamente, lo que significó respecto al tratamiento 5) sandía cv. "Cal sweet" sin injertar, una disminución en el daño de raíces del 79.5 %, en la producción de huevos del 77.5 a 83.4 % y en la formación de hembras del 82.5 a 90.4 % (Tabla 4). De acuerdo con Punithaveni *et al.* (2015) algunas especies de cucurbitáceas pueden desarrollar tolerancia a *M. incognita*, como ocurrió en este estudio, y en trabajos con portainjertos de *Cucumis* contra esta especie de nematodo agallador (Guan *et al.*, 2014). El efecto de los tratamientos con portainjertos regionales tolerantes a *M. incognita*, para la producción de sandía, presentaron la menor intensidad de la enfermedad, con lo que se promovió mejor crecimiento y rendimiento del cultivo y no se afectó el contenido de sólidos solubles, lo que hace sugerir, la implementación de especies regionales de cucurbitáceas como portainjertos para el cultivo sostenible de la sandía, en suelo infestados con el nematodo (Pofu *et al.*, 2011, 2012; Goreta-Ban *et al.*, 2014; Thies *et al.*, 2015, 2016).

Tabla 4. Parámetros de tolerancia en plantas de sandía cv. "Cal sweet" injertadas y sin injertar cultivadas en suelo infestado de *M. incognita*.

Table 4. Tolerance parameters in watermelon plants cv. "Cal sweet" grafted and ungrafted grown in *M. incognita* infested soil.

Tratamientos	IA	NHU	NHE
1) "Cal sweet" sobre <i>L. siceraria</i>	2.0 ± 6.67 b	544 ± 11.05 e	12 ± 1.76 e
2) "Cal sweet" sobre <i>C. moschata</i>	2.0 ± 6.67 b	753 ± 10.54 d	22 ± 1.45 d
3) "Cal sweet" sobre <i>C. melo</i>	4.2 ± 14.43 ab	1 334 ± 10.97 b	48 ± 1.67 b
4) "Cal sweet" sobre <i>C. sativus</i>	3.0 ± 15.00 b	1 192 ± 11.02 c	37 ± 1.73 c
5) "Cal sweet" sin injertar (testigo)	5.0 ± 0.00 a	3 340 ± 12.84 a	126 ± 2.03 a
CV (%)	25.62	23.51	23.51
DMS	2.21	44.73	8.64

IA = Índice de agallamiento de raíz; NHU = Número de huevos por g de raíz; NHE = Número de hembras por un g de raíz. Los datos son medias ± EE. n = 4. Escala del IA (0-5): 0 = 0, 1 = 1 - 10 %, 2 = 11 - 25 %, 3 = 26-50 %, 4 = 51 - 75 %, 5 = 76 - 100 %. CV = Coeficiente de variación. DMS = Diferencia mínima significativa. Literales diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$).

CONCLUSIONES

El crecimiento y la producción de biomasa de las plantas injertadas fueron influenciadas significativamente por los portainjertos, el injerto indujo la precocidad de floración, aumentó el rendimiento y el tamaño del fruto, pero sin cambios en el contenido de sólidos solubles. Las plantas injertadas en portainjertos de *L. siceraria* y *C. moschata* presentaron la mayor tolerancia a *M. incognita*.

REFERENCIAS

- Abd El-Wanis, M.M., Amin, A.W. y Abdel El Rahman, T.G. 2013. Evaluation of some cucurbitaceous rootstocks 2-Effect of cucumber grafting using some rootstocks on growth, yield and its relation with root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and fusarium wilt, infection. Egyptian Journal of Agricultural Research 91: 235-257.
- Ayoub, M. S. 1977. Plant Nematology: An Agricultural Training aid. Department of food and Agriculture. USA Division of Plant Industry Laboratory Services Nematology.
- Böhm, W. 1979. Root parameters and their measurement. En: Methods of Studying Root Systems. W. D. Billings., F. Golley., O. L. Lange., J. S. Olson (ed), pp 125-138. Springer. New York.
- Crawford, H.L. 2017. Sistema de producción. En: Manual de manejo agronómico para el cultivo de sandía. P.R. Abarca (ed.), pp 47-62. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Santiago, Chile.
- Devi, P., Perkins-Veazie, P. y Miles, C. 2020. Impact of grafting on watermelon fruit maturity and quality. Horticulturae 6:97.
- Eisenback, J. D., Hirschmann, H., Sasser, J.N. y Triantaphyllou, A.C. 1983. Guía para la identificación de cuatro especies más comunes del nematodo agallador (*Meloidogyne* especies), con una clave pictórica. (Traducción de Carlos Sosa-Moss). International Meloidogyne Project. Raleigh, North Carolina, USA.

- Elsheery, N.I., Helaly, M.N., Omar, S. A., John, S. V., Zabochnicka-Swiatek, M., Kalaji, H. M. y Rastogi, A. 2020. Physiological and molecular mechanisms of salinity tolerance in grafted cucumber. *South African Journal of Botany* 130: 90-102.
- Fredes, A., Roselló, S., Beltrán, J., Cebolla-Cornejo, J., Pérez-de-Castro, A., Gisbert, C. y Picó, M.B. 2016. Fruit quality assessment of watermelons grafted onto citron melon rootstock. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 97: 1646-1655.
- Goreta-Ban, S., Zanic, K., Dumiciv, G., Raspudic, E., Vuletin, S.G. y Ban, D. 2014. Growth and yield of grafted cucumbers in soil infested with root-knot nematodes. *Chilean Journal of Agricultural Research* 74: 29- 34.
- Guan, W., Zhao, X., Dickson, D.W., Mendes, M.L., y Thies, J. 2014. Root-knot nematode resistance, yield, and fruit quality of specialty melons grafted onto *Cucumis metulifer*. *HortScience* 49: 1046-1051.
- Hartman, K. M. y Sasser, J. N. 1985. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential host test and perineal pattern morphology. En: *An Advanced Treatise on Meloidogyne*. K. R. C. Baker., C. Carter., J. N. Sasser (ed). pp. 69-77. North Carolina State University Graphics. Raleigh, NC, USA.
- Hernández-González, Z., Sahagún-Castellanos, J., Espinosa-Robles, P., Colinas-León, M.T. y Rodríguez-Pérez, J.E. 2014. Effect of rootstock on yield and fruit size in grafted cucumber. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37: 41-47.
- Herrera-Parra, E., Cristóbal, A.J., Tun, J.M., Góngora, J.A. y Lomas, C.T. 2011. Nematofauna nociva (*Meloidogyne* spp.) en cultivos hortícolas tropicales: Distribución y perspectivas de manejo en Yucatán. En: *Recursos genéticos microbianos en la zona Golfo-Sureste de México*. M. Gamboa-Angulo y R. Rojas-Herrera (ed.), pp 121-134. CICY-UADY-SAGARPA.
- Mohamed, F. H., Abd El-Hamed, K.E., Elwan, M.W. y Hussien, M.N. 2014. Evaluation of different grafting methods and rootstocks in watermelon grown in Egypt *Scientia Horticulturae*. 168: 145-150.
- Pardo-Alonso, J.L., Carreño-Ortega, Á., Martínez-Gaitán, C.C. y Callejón-Ferre, Á.J. 2019. Combined influence of cutting angle and diameter differences between seedlings on the grafting success of tomato using the splicing technique. *Agronomy* 9: 1-15.
- Pofu, K.M., Mashela, P. y Waele, D.D. 2012. Survival, flowering and productivity of watermelon (*Citrullus lanatus*) cultivars in intergeneric grafting on nematode-resistant *Cucumis* seedling rootstocks in *Meloidogyne*-infested fields. *International Journal of Agriculture and Biology* 14: 217-222.
- Pofu, K.M., Mashela, P.W. y Mphosi, M.S. 2011. Management of *Meloidogyne incognita* in nematode susceptible watermelon cultivars using nematode resistant *Cucumis africanus* and *Cucumis myriocarpus* rootstocks. *African Journal of Biotechnology* 10: 8790-8793.
- Poor, R.E. 2015. Investigating the effect of grafted watermelon on tolerance to drought and salinity. *J. Novel Appl. Sci* 4: 670-673.
- Punithaveni, V., Jansirani, P. y Sivakumar, M. 2015. Screening of cucurbitaceous rootstocks and cucumber scions for root knot nematode resistance (*Meloidogyne incognita* Kofoid and White). *Journal of Plant Breeding* 6: 486-492.
- Rouphael, Y., Venema, J. H., Edelstein, M., Savvas, D., Colla, G., Ntatsi, G., Ben-Hur, M., Kumar, P. y Schwarz, D. 2017. Grafting as a tool for tolerance of abiotic stress. En: *Vegetable Grafting: Principles and Practices*. G. Colla, F. Pérez-Alfocea y D. Schwarz (ed.), pp 171-216. CABI: Wallingford, UK.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP. [Consultado 10 enero 2022]. 2022. Disponible en <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Servicio Meteorológico Nacional SMN. [Consultado 10 enero 2022]. 2022. Disponible en: <https://smn.conagua.gob.mx/es/>
- Soteriou, G. A., y Kyriacou, M. C. 2014. Rootstock mediated effects on watermelon field performance and fruit quality characteristics. *Intern. J. Vegetable Sci* 21, 344-362.
- Statistica System reference StatSoft Inc. 2011. StatSoft, Inc. Tulsa, OK, USA.
- Taylor, A.L. y Sasser, J.N. 1983. *Biología, identificación y control de los nematodos del nódulo de la raíz*. Raleigh, Universidad del Estado de Carolina del Norte, USA.
- Thies, J.A., Ariss, J.J., Hassell, R.L., Buckner, S. y Levi, A. 2015. Accessions of *Citrullus lanatus* var. citroides are valuable rootstocks for grafted watermelon in fields infested with Root-Knot nematodes. *HortScience* 50: 4-8.
- Thies, J.A., Ariss, J.J., Kousik, C.S., Hassell, R.L. y Levi, A. 2016. Resistance to southern root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in wild watermelon (*Citrullus lanatus* var. citroides). *Journal of Nematology* 48: 14-19.
- Villocino, S.B. y Quevedo, M.A. 2015. Effects of grafting on flowering, fruiting and fruit quality of "Sweet 16" Watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.). *Acta Horticulturae* 1088: 469-472.
- Xie, H., Yan, D., Mao, L., Wang, Q., Li, Y., Ouyang, C., Guo, M. y Cao, A. 2015. Evaluation of methyl bromide alternatives efficacy against soil-borne pathogens, nematodes and soil microbial community. *Plos One* 10: 1-12.