

REPONSE OF WATERMELON CROP (*Citrullus lanatus* L.) TO THE GRAFT METHOD AND PATTERN ADAPTED TO ACID SOIL CONDITIONS

RESPUESTA DEL CULTIVO DE SANDIA (*Citrullus lanatus* L.) AL MÉTODO Y PATRÓN DE INJERTOS ADAPTADOS A CONDICIONES EDÁFICAS ÁCIDAS

Escalante-González, J.L.^{1*}; Arébalo-Madrugal, M.¹; Merida-Reyes, J.L.¹; Delgadillo-Hernández, E.U.¹;
Yañez-Coutiño, J.B.¹; Osorio-Hernández, E.²

¹Universidad Tecnológica de la Selva, Unidad Académica Selva Negra Rayón, entronque Toniná, Carretera Ocosingo-Altamirano, Col. Predio Latic, C.P. 29950, Ocosingo, Chiapas. ²Universidad Autónoma de Tamaulipas. División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Ingeniería y Ciencias. Centro Universitario Adolfo López Mateo, Cd. Victoria, Tamaulipas, Mexico.

*Autor de correspondencia: escalantegl@hotmail.com.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the watermelon crop behavior (*Citrullus lanatus* L.) over pumpkin (*Cucurbita maxima*) and chilacayote (*Cucurbita ficifolia*) patterns, to adapt and control diseases in acid soils.

Design/methodology/approach: The grafting procedure was according to the methodology proposed by Miles (2014). The research was carried out in two phases; the variable of the engraftment percentage of the pattern (EPP) was measured in the laboratory; on the field, the variables of Number of Flowers (NF), Total Flowering, and Number of Guides (NG). It should be mentioned that the study was established under completely randomized block design ($Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}$), the experimental unit is made up of four plants, in which the field variables were measured. The data was analyzed with the Statistic Analysis System.

Results: According to SAS the best grafting method is approximation, because it shows a higher percentage of engraftment in both patterns, while the pumpkin pattern resulted as the best (85.50%).

Implications/ limits of the research: Due to the climatic conditions of the region, establishing the watermelon crop must be done in the first fortnight of the month of February, otherwise the reproductive stage will coincide with the season of highest precipitation, which will cause a high incidence of diseases.

Findings/conclusions: The approximation grafting had better results than the spike grafting, because there were more engraftments. Concerning the best pattern, the grafting over pumpkin gave better results in the specific adaptation to soils of the region.

Keywords: Graft, spike, approximation, chilacayote.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el comportamiento del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L.) sobre patrones de calabaza (*Cucurbita maxima*) y chilacayote (*Cucurbita ficifolia*) para adaptar y controlar de enfermedades en suelos ácidos.

Diseño/metodología/aproximación: El procedimiento de injerto fue de acuerdo a la metodología propuesta por Miles (2014). El trabajo se desarrolló en dos fases, de laboratorio, se midió la variable porcentaje de prendimiento en el patrón (PPP) y en campo, la variable Número de Flores (NF), Floración Total y Número de Guías (NG). Cabe mencionar que el trabajo se estableció bajo el diseño experimental de bloques completos al azar ($Y_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_j + \varepsilon_{ij}$), la unidad experimental lo constituyeron cuatro plantas, en las que se midieron las variables de campo. Los datos se analizaron con el paquete Statistical Analysis System.

Resultados: De acuerdo con el SAS el mejor método de injerto es aproximación, ya que este refleja un porcentaje alto en el prendimiento en ambos patrones, mientras que la calabaza resultó ser el mejor patrón (85.50%).

Limitaciones del estudio/implicaciones: Por las condiciones climáticas de la región, el establecimiento del cultivo de sandía debe realizarse en la primera quincena del mes de febrero, de no ser así, la etapa reproductiva coincidirá con la época de alta precipitación, lo que ocasionará una alta incidencia de enfermedades.

Hallazgos/conclusiones: El injerto de aproximación tuvo mejores resultados que el de púa, ya que hubo mayor prendimiento. Con respecto al mejor patrón, el injerto sobre calabaza dio mejor resultado en cuanto a la adaptación específica a los suelos de la región.

Palabras clave: Injerto, púa, aproximación, chilacayote

hasta ahora controlados por dicho producto (López-Eliás *et al.*, 2008; Cohen *et al.*, 2007; Morra, 2004). Esto sobre todo porque la característica de monocultivo que presentan las especies comúnmente injertadas, solanáceas y cucurbitáceas, provoca un incremento en la presión que estos patógenos ejercen (Rojas y Riveros, 2002a; Riveros y Rojas, 2001).

El uso de portainjertos resistentes en combinación con las prácticas del manejo integrado de plagas (MIP) permite reducir el uso del Bromuro de Metilo para muchos cultivos. El injerto se utiliza en la agricultura comercialmente para incrementar los rendimientos de los cultivos y extender su tiempo de cosecha. Se han desarrollado investigaciones para identificar germoplasmas resistentes a enfermedades del suelo y nematodos en varios cultivos que recibían tratamientos con Bromuro de Metilo (Ledbetter, 2002). La importancia del injerto ha sido reconocida en todos los ámbitos agrícolas, puesto que es una técnica muy eficaz, limpia y cuyo uso implica un nulo impacto ambiental (Monera, 2003), y la prohibición del Bromuro de Metilo, revaloriza la técnica del injerto por su efecto no contaminante. Los cultivos comerciales son afectados por las sales que causan la reducción del número de hojas, crecimiento y rendimiento (Proaño, 2011). Sin embargo, se requiere buscar alternativas sustentables para obtener buenas producciones. Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento del cultivo de sandía sobre patrones de calabaza y chilacayote para aumentar la producción en los suelos ácidos, así como el control de enfermedades propagadas a través del suelo.

INTRODUCCIÓN

El empleo del injerto es reconocido con amplia difusión a partir de 1970 en España, Francia, Italia y Japón; aunque ya en 1914, en Japón se había reportado el injerto en plantas herbáceas desarrollado bajo el objetivo de prevenir Fusariosis, por otro lado, en 1917 la Universidad de Nara, publica la técnica de púa (González *et al.*, 2008). Cabe hacer mención que la utilización de injertos es muy popular para el manejo de enfermedades causadas por patógenos de suelo, tales como bacterias, hongos y nematodos, en los cultivos hortícolas (Messien *et al.*, 1995; González *et al.*, 2008).

Al presentarse como una técnica que permite otorgar tolerancias a enfermedades y patógenos de suelo se puede deducir que es una técnica útil desde el punto de vista ambiental ya que se perfila como una herramienta a incluir en planes de manejo que permitan el control limpio de enfermedades y patógenos (Lee *et al.*, 2010; Díaz *et al.*, 2006). Esto es de importancia ya que la prohibición de uso del bromuro de metilo, utilizado en agricultura para realizar la desinfección de suelo, dejará planteada la tarea de encontrar alternativas eficaces y limpias para el control de patógenos de raíces,

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó de abril a diciembre de 2017, en el campo experimental de la Unidad Académica Selva Negra Rayón de la Universidad Tecnológica de la Selva (17° 12' N y 93° 00' O a 1340 m de altitud). Las semillas, tanto de calabaza (*Cucurbita maxima*) y chilacayote (*Cucurbita ficifolia*), fueron recolectadas en la comunidad de Rincón Chamula en Chiapas, México. Para el proceso de germinación fue necesario tomar en cuenta que, entre las especies, existe diferencia en el comportamiento de en el periodo de germinación, es por ello, y de acuerdo a las pruebas realizadas; la siembra de los patrones (chilacayote y calabaza) y del injerto (Sandía), se realizaron con una diferencia de 4 d, con la finalidad de que la población de plantas en ambas especies (sandía, chilacayote y calabazas) presentaran un desarrollo uniforme. La siembra se realizó en charoles de 50 cavidades de 5 cm de diámetro y profundidad de 6 cm, material de polipropileno, con un volumen de 117 cm³ por cavidad. Se utilizó el Peat moss[®] como sustrato para la germinación y agrolita (50:50), la cual se humedeció a capacidad de sustrato, para proporcionarle al cultivo la humedad requerida para la germinación. Para realizar el injerto, se siguió la metodología recomendada por Miles (2014), siguiendo su recomendación, el injerto se realizó a los 21 d, después de emergida la planta, se cuidó que tanto el patrón como el injerto poseyeran el mismo diámetro en el momento de realizar esta actividad, para asegurar que los haces vasculares coincidieran y se tuviera éxito en la unión del injerto.

Para realizar el injerto de aproximación, se esperó que las plantas presentaran el primer par de hojas

verdaderas. Basados en esta característica, se realizó un corte de aproximadamente 45° de inclinación, hacia la parte basal del patrón (chilacayote y calabaza), el mismo ángulo de corte se realizó hacia la parte apical de la planta de sandía (injerto); se cuidó que el corte se realizará a la misma altura para lograr el mayor porcentaje de prendimiento posible. Una vez realizado el corte, se sobrepusieron los tallos y se sujetaron con la ayuda de cinta porosa.

Después del injerto, las plántulas se colocarán en una bandeja de trasplante y se mantuvieron en el laboratorio de ciencias básicas de la Unidad Académica Selva Negra Rayón, procurando mantener la temperatura ambiente entre los 20 y 25 °C. Inicialmente y durante el periodo de adaptación de las plantas se aplicaron riegos frecuentes, para mantenerlas a una humedad constante y evitar su deshidratación. Cinco días después de realizado el proceso, se eliminó la parte superior del patrón, mientras que la parte inferior del injerto o variedad se retiró siete días después.

Para realizar el Injerto de púa, se esperó que las plantas del patrón (Chilacayote y calabaza) presentaran una hoja verdadera, mientras que las del injerto (sandía), de una a dos hojas verdaderas. En el procedimiento se eliminó la hoja verdadera, el meristemo apical y las yemas axilares de la parte apical del patrón, dejando únicamente los cotiledones, esto para evitar el crecimiento vegetativo de portainjerto. Se realizó una incisión con apoyo de un bisturí entre los cotiledones.

Para el injerto, las plantas de sandía se cortaron en la parte inferior de los cotiledones en un ángulo de 45° en ambos lados, para darle forma de cuña e insertar en la incisión del portainjerto. El injerto se aseguró mediante la utilización de cinta porosa. Las plántulas injertadas se colocaron en una bandeja de trasplante y se mantuvo en un área del laboratorio, para proporcionar una temperatura ambiente entre los 20 y 25 °C, inicialmente y durante el proceso de adaptación de las plantas, se mantuvo la humedad constante en el sustrato y evitar su deshidratación.

Considerando que el tiempo desde el injerto a la conexión vascular, entre el portainjerto y el injerto, ocurre en aproximadamente 7 d, se dejaron siete días más para asegurar la unión y funcionalidad completa de los haces vasculares. Posteriormente, se sacaron del laboratorio y se dejaron por 5 a 10 d, en el invernadero para aclimatarlas. Finalmente, se procedió al establecimiento en el área de cultivo. El experimento se estableció en un macrotúnel en batería, de 10×20 m. Una vez establecido en el macrotúnel, el monitoreo se realizó de forma semanal para observar el crecimiento de la variedad injertada y poder eliminar los brotes del patrón inmediatamente.

El estudio se desarrolló bajo un diseño experimental de bloques completos al azar. En la fase de laboratorio, se midió el porcentaje de prendimiento en el patrón (PPP). Mientras que, en campo, las variables medidas fueron número de flores (NF), floración total y número de guías (NG). La unidad experimental lo constituyeron cuatro plantas, en las que se midieron las variables de campo. Los datos recolectados se anotaron en una libreta de campo, y se analizaron mediante la ayuda del paquete de Análisis Estadístico SAS

(Statistical Analysis System), respetando el modelo de bloques completos ($Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \epsilon_{ij}$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuando se injerta la sandía sobre patrones de calabaza y chilacayote, el desarrollo vegetativo, en su etapa de expansión de follaje y floración, se observa un cambio significativo. Este comportamiento se reflejó al realizar un análisis de varianza de los datos de campo entre tratamientos, para las variables, inicio de floración, floración total y números de guías ($\alpha=0.05$) (Cuadro 1).

El comportamiento en las comparaciones de medias entre tratamiento se observó una diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$) para las variables FT y NG. A pesar del comportamiento reflejado en el análisis de varianza y comparaciones de medias entre tratamientos, la población de plantas injertadas sobre el método de chilacayote, estadísticamente, presentan menor número de floración y menor número de guías (Cuadro 2).

De acuerdo con los resultados obtenidos por Hernández-González (2014), en el trabajo de investigación de injerto con pepino, encontró que el injerto sobre chilacayote y calabaza presentaron mayor desarrollo de biomasa, comparado

Cuadro 1. Análisis de Varianza entre Tratamiento de las variables cuantificadas.

Factor de Variación	Grados de libertad	Inicio de floración	Floración total	Número de guía
Bloque	3	18.03	3954.81	27.91
Tratamiento	4	4.83*	256.81**	15.11**
Error	57	22.25	4034.94	97.2
Total	64	45.12	8246.55	140.22
Coefficiente de Variación		43.91	46.1	43.22

Si $Pr > f \geq \alpha$ 0.05 no hay diferencia estadística significativa ($\alpha=0.05$), *: Si $Pr > f$ esta entre 0.01 y 0.05 > hay diferencia estadística significativa; **: Si $Pr > f < 0.01$ hay diferencia estadística altamente significativa.

con el testigo (sin injertar), esto como un efecto, principalmente, por el volumen radicular que poseen los patrones (calabaza y chilacayote).

Lo anterior, puede explicar el comportamiento estadístico que se observó en esta investigación con respecto al testigo (3.40 en calabaza, 2.83 chilacayote, con respecto a 2.59 en promedio de guías por planta de las plantas sin injertar), que de acuerdo con Pulgar *et al.* (2000), un cultivo con un sistema radicular vigoroso de raíces del patrón es capaz de absorber agua y nutrimentos eficientemente que las raíces del propio cultivar, y podría servir como un proveedor de hormonas endógenas quienes se encuentran involucradas con los aspectos de desarrollo de las plantas, lo que puede explicar el comportamiento de la floración (21.25 flores en promedio por guía del injerto de púa en chilacayote y

7.75 de las plantas sin injertar) en los tratamientos.

Porcentaje de Prendimiento (PP)

El efecto de los tratamientos "métodos y técnicas de injertos" se observa un mayor porcentaje en aproximación de calabaza, con 85.50% en prendimiento (Figura 1), donde las plantas injertadas con el método de aproximación en calabaza mostraron mayor prendimiento, seguido del método de aproximación en chilacayote (82%), mientras que el método de púa, presentan menor porcentaje de prendimiento en ambos casos (67% en chilacayote y 69% en calabaza) (Figura 1). Estos mismos resultados fueron reportados por López-Elías *et al.* (2008), en la evaluación realizada entre los métodos de injerto en púa y aproximación en sandía, en el que obtuvo mayor efectividad en prendimiento los injertos de aproximación, que de acuerdo con González *et al.* (2003), el diámetro del tallo es un factor importante en el porcentaje de prendimiento, la cual está asociado con la generación de haces vasculares. Por otro lado, el comportamiento en el porcentaje de prendimiento está relacionada a la superficie expuesta y en contacto entre el patrón y patrón y el injerto.

Respecto al mejor patrón, se observó que los injertos de sandía sobre

Cuadro 2. Comparación de medias de los tratamientos de las variables cuantificadas en injertos de sandía

Tratamiento	Número de guía	Floración total
Plantas sin injertar	2.59 ab	7.75 b
Injerto de Púa en Calabaza	3.40 a	16.50 ab
Injerto de aproximación en chilacayote	1.94 ab	17.73 ab
Injerto de Aproximación en calabaza	2.83 ab	16.36 ab
Injerto de Púa en Chilacayote	1.25 b	21.25 a
Diferencia Mínima Significativa	1.68	12.31

DMS=Diferencia Mínima Significativa, Inicio de Floración (IF), Floración Total (FT), Números de Guías (NG).

calabaza, dieron los mejores resultados, ya que obtuvo mayor porcentaje de prendimiento con respecto al porcentaje de prendimiento observado en los injertos de chilacayote, esto puede deber a que, en éste, la formación de la cavidad dentro del tallo puede que sea más rápido, pudiendo ser un factor importante que reduzca la superficie de contacto entre el patrón y el injerto. Sin embargo, la diferencia observada, no representó una diferencia significativa, pudiéndose aprovechar algunas ventajas que pueda presentar el chilacayote, por ejemplo su amplia adaptabilidad en la región para el tipo de clima y suelo que predominan en la región, o resistencia a algunas enfermedades en el suelo.

CONCLUSIONES

El injerto de aproximación tuvo mejores resultados en comparación al de púa, ya que hubo mayor prendimiento. Con respecto al mejor patrón, el injerto sobre calabaza dio mejor resultado en cuanto a la adaptación específica a los suelos de la región.

LITERATURA CITADA

- Bromide. 2002. Consultada: 12 abr 2008. Disponible en <http://epa.gov/Ozone/mbr/casestudies/volume3/graftng3.html>.
- Cohen, R., Y. Burger, C. Horev, A. Koren and M. Edelstein. 2007. Introducing grafted cucurbits to modern agriculture; the israeli experience. *Plant Disease* 91(8):916-923.
- Díaz, M., F. Camacho y M.V. Huitrón. 2006. Efecto de diversos portainjertos sobre Producción y calidad de sandía triploide cv. reina de corazones. *Horticultura Global, España* 191:20-24.
- González, F. M., Gómez, L., Rodríguez, M., Hernández, A., Casanova, A., & Depestre, T. (2008). El injerto herbáceo: alternativa para el manejo de plagas del suelo. *Protección vegetal*, 23(2), 69-74.
- González J. M., F. Radillo, F. F. Martínez y M. Bazán. (2003). Evaluación de diferentes portainjertos en el desarrollo vegetativo del cultivo de la sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Tri-x 313. In: Memorias del X Congreso Nacional de la Sociedad de Ciencias Hortícolas. Chapingo, México. pp:43-49.
- Ledbetter M. 2002. Plant Grafting as a Tool to Help Reduce the Need for Soil Fumigation with Methyl.
- Lee, J.M., C. Kubota, S.J. Tsao, Z. Bie, P.H. Echevarría, L. Morra and M. Oda. 2010. Current status of vegetable grafting: Difusion,

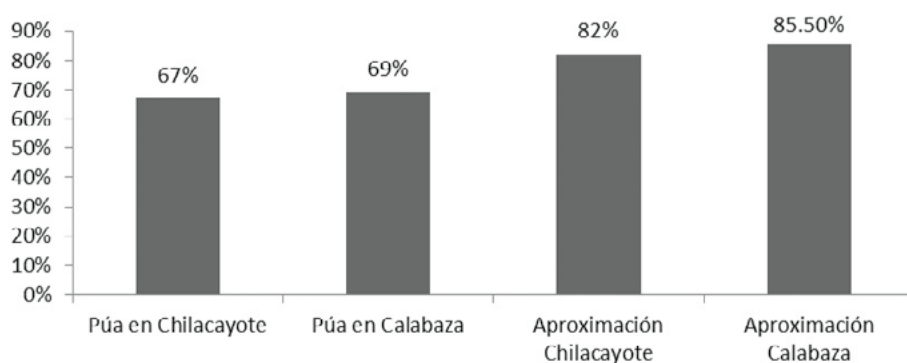


Figura 1. Porcentaje de Prendimiento (%) de los métodos de injerto.

grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae* 127(2):93-105.

- López-Elías J., A. Francisco-Romo y G. J. Domínguez. (2008). Evaluación de métodos de injerto en sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) sobre diferentes patrones de calabaza. *IDESIA* 2: 13-18.
- López-Elías, J., R. Agustín, A. Romo y J. Domínguez. 2008. Evaluación de métodos de injerto en sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) sobre diferentes patrones de calabaza. *IDESIA, Chile* 26(2):13-18.
- López-Elías, J., R. Agustín, A. Romo y J. Domínguez. 2008. Evaluación de métodos de injerto en sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) sobre diferentes patrones de calabaza. *IDESIA, Chile* 26(2):13-18.
- Miles, C., Flores, M., & Estrada, E. (2014). Injertos Hortícolas: Sandía. Washington: Washington State University.
- Monera R. 2003. Los hongos del suelo factor limitante del cultivo de la sandía. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_vrural/Vrural_1999_96_22_25.pdf.
- Morra, L. 2004. L'innesto erbaceo in orticoltura. pp 167-176. In: Tognoni F., Pardossi A., Incrocci L., Mensuali-Sodi A., Dimauro B. Workshop internazionale "La produzione in serra dopo l'era del bromuro di metile". Comiso, Italia, Aprile 1-3, 2004.
- Proaño j., Suarez c. Briones c. 2011. Estudio de metodologías para la validación de un modelo predictivo para el manejo y control de la salinidad del suelo y del agua en la península de santa Elena. Universidad Agraria, Guayaquil-ecuador.
- Pulgar G., G. Villora, D. A. Moreno and L. Romero. (2000). Improving the mineral nutrition in grafted watermelon plants: Nitrogen metabolism. *Biology Plantarum* 43:607-609. 2003. Disponible en <http://www.enmedia.es/articulos/vr/hortofrut/sandía1.html>.
- Rojas, L. y F. Riveros. 2001. Efecto del método y edad de las plántulas sobre el prendimiento y desarrollo de injertos en melón (*Cucumis melo*). *Agricultura Técnica* 61(3):262-274.
- Rojas, L. y F. Riveros. 2002a. Prendimiento de injertos en hortalizas. *Tierra Adentro* 46:30-31.