

Sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) injertada sobre diferentes portainjertos de calabaza (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*)

Jesús López-Elías¹
Francisco Pacheco Ayala²
Marco Antonio Huez López³
Julio César Rodríguez⁴
José Jiménez León⁵
Sergio Garza Ortega⁶

RESUMEN

La producción de hortalizas es una actividad importante del sector agrícola en México, siendo la sandía una de las hortalizas principales. El estado de Sonora ocupa el segundo lugar en superficie. El presente estudio se realizó con la finalidad de evaluar la respuesta del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) cv. Tri-X 313 injertada sobre diferentes portainjertos de calabaza, durante los meses de diciembre de 2005 a mayo de 2006. Se evaluaron cuatro portainjertos comerciales de calabaza (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*) híbridos interespecíficos RS1330, RS841, RS888 y RS1313 y el respectivo testigo sin injertar. Los resultados obtenidos mostraron que la técnica del injerto, además de reducir la sobrevivencia de las plántulas en semillero,

retrasa el crecimiento de la planta. Los portainjertos comercializados para su uso en cucurbitáceas no presentaron diferencias significativas en la producción comercial y la calidad de sandía, mostrando ser alternativa en suelos en donde la planta presenta problemas al crecer en su propia raíz. Se observó una menor concentración de nitratos en las plantas injertadas, al parecer debido a una mayor eficiencia en la actividad de la enzima nitrato reductasa que favorece el aprovechamiento de nitratos, pudiendo reducirse la aplicación de nitrógeno. El portainjerto RS1330 presentó mayor concentración de zinc y cobre.

Palabras clave: *Citrullus lanatus*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata*, injerto, nutrición mineral, sandía.

¹ Doctorado en Agricultura Intensiva en Zonas Semiáridas por la Universidad de Almería, España. Academia de Irrigación del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora. Correo electrónico: lopez_eliasj@guayacan.uson.mx

² Técnico Académico. Academia de Fitotecnia del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora.

³ Doctor en Ciencias. Academia de Irrigación del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora.

⁴ Doctor en Ciencias. Academia de Horticultura del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora.

⁵ Maestro en Ciencias. Academia de Irrigación del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora.

⁶ Maestro en Ciencias. Academia de Horticultura del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora.

ABSTRACT

The production of vegetables is an important activity in the agricultural sector in Mexico, being watermelon one of the main vegetables. The state of Sonora is the second place in surface. The present study was carried out in order to evaluate the response of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) cv. Tri-X 313 grafted onto different squash rootstocks, during the months of December 2005 to May 2006. Four commercial squash (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*) rootstocks interspecific hybrids RS1330, RS841, RS888 and RS1313 were evaluated and the respective control without grafting. The results showed that the grafting technique reduces seedling survival, and delays the plant growth in nursery conditions. The rootstocks commercialized for their use in cucurbits did not present significant differences in commercial production and quality of watermelon, proving to be an alternative in soils where the plant has problems to grow in their own root. A lower concentration of nitrates in grafted plants was observed, apparently due to a greater efficiency in the activity of nitrate reductase enzyme which promotes the use of nitrates, being able to reduce nitrogen application. RS1330 rootstock showed a higher concentration of zinc and copper.

Key words: *Citrullus lanatus*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata*, graft, mineral nutrition, watermelon.

INTRODUCCIÓN

La producción de hortalizas es una actividad importante del sector agrícola, ubicándose México en el octavo lugar como país productor de sandía en el mundo (FAO, 2007). Durante el año agrí-

cola 2009, la superficie de sandía establecida en México fue de 45,613 ha con una producción de 36.6 t ha⁻¹, ocupando Sonora el segundo lugar con 5,126 ha y una producción de 38.0 t ha⁻¹ (SIAP, 2010). Sin embargo, el cultivo de sandía en el ciclo Primavera-Verano presenta algunos factores que merman la producción, siendo un factor primordial el daño causado por *Fusarium oxisporum*. En años recientes, productores de sandía han tenido que enfrentar pérdidas hasta del 100%, debido a un incremento en la incidencia y severidad de dicho patógeno en el suelo.

El injerto viene a ser la unión de dos porciones de tejido vegetal viviente, de modo que se fusionen, crezcan y desarrollen como una sola planta (Hartmann y Kester, 1994). El principal objetivo de las plantas injertadas ha sido lograr el control de enfermedades provocadas por organismos del suelo tales como *Fusarium* sp., *Verticillium* sp. y *Pyrenochaeta* sp., haciendo uso de portainjertos tolerantes a dichos patógenos (Messiaen *et al.*, 1995). Con esta técnica se aprovecha la tolerancia del sistema radical del portainjerto y los caracteres productivos favorables de una variedad susceptible.

Además de reducir las infecciones causadas por patógenos, esta técnica incrementa la resistencia de la planta a la sequía (Rivero *et al.*, 2003) y la salinidad (Colla *et al.*, 2006); al igual que mejora la absorción de agua (Lee, 1994) y nutrientes (Rivero *et al.*, 2003), entre otras funciones. Asimismo, el injerto se ha usado para conferir vigor a la planta, tolerancia a bajas temperaturas ó a la sequía, al igual que para mejorar la calidad de los frutos (Oda, 1995).

Considerando lo previamente descrito, el objetivo principal del presente trabajo fue evaluar la respuesta de sandía injertada sobre diferentes portainjertos comerciales de calabaza, en campo abierto.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el Campo Agrícola Experimental del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, ubicado en el km 21 de la carretera Hermosillo-Bahía de Kino, en el ciclo Primavera-Verano de 2006.

El cultivo evaluado fue sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) cv. Tri-X 313 injertada sobre calabaza (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*), híbridos comerciales RS1330, RS841, RS888 y RS1313, y el correspondiente testigo sin injertar.

La siembra de sandía se realizó el 27 de diciembre de 2005, en condiciones de semillero, usando bandejas de siembra de 128 cavidades. La siembra del portainjerto se realizó 8 días después, en bandejas de siembra de 200 cavidades. El sustrato utilizado fue peat moss.

La técnica de injerto implementada fue la de aproximación descrita por Oda (1995). El injerto se realizó el 22 de enero de 2006, cuando el

patrón presentaba una hoja verdadera completamente desarrollada. Una vez realizado el injerto, las plantas se colocaron en vasos de poliuretano de 8 oz, usando peat moss como sustrato. Transcurridos 14 días después de realizado el injerto se procedió a cortar el hipocotilo del injerto.

El principal objetivo de las plantas injertadas ha sido lograr el control de enfermedades provocadas por organismos del suelo tales como Fusarium sp., Verticillium sp. y Pyrenochaeta sp., haciendo uso de portainjertos tolerantes a dichos patógenos (Messiaen et al., 1995). Con esta técnica se aprovecha la tolerancia del sistema radical del portainjerto y los caracteres productivos favorables de una variedad susceptible.

El trasplante en campo abierto se realizó el día 28 de febrero de 2006, con una separación entre hileras de 2.0 m y entre plantas de 1.0 m. El agua y los fertilizantes se suministraron mediante cinta de riego Aqua-Traxx de 8 milésimas, con goteros a 30 cm de separación y un gasto de 1 litro por hora. La fertilización total aplicada fue de 180 kg N ha⁻¹, 60 kg P ha⁻¹, 80 kg K ha⁻¹ y 50 kg Ca ha⁻¹, distribuido a lo largo del ciclo del cultivo.

La preparación del terreno consistió en doble paso cruzado de rastra, dejando el suelo libre de terrones. Se formaron camas de 80 cm de ancho y se colocó simultáneamente la cinta de riego por goteo. A continuación, se dio un riego de pretrasplante de 8 cm.

El experimento se desarrolló en dos partes: (a) Evaluación en semillero que incluyó la sobrevivencia y la altura de la plántula a los 21 días de realizado el injerto, que corresponde al momento en el cual la planta está lista para ser trasplantada

en campo, usando el diseño estadístico en bloques completos al azar, con 5 tratamientos y 4 repeticiones, considerando 10 plantas por tratamiento, y (b) Evaluación en campo, donde para el control de la producción comercial (kilogramos y número de frutos en cada corte) cada repetición constó de 6 plantas y a partir de los datos de producción se obtuvo el rendimiento, al igual que el número de frutos por hectárea y el peso del fruto; evaluándose también la concentración de sólidos solubles y la relación diámetro del fruto, esta última como resultado de dividir el diámetro polar entre el diámetro ecuatorial; así como la concentración mineral (macronutrientes y micronutrientes) a partir del análisis de pecíolos mediante muestras posteriores a la floración, usando el diseño estadístico en bloques completos al azar, con 5 tratamientos y 3 repeticiones.

El área experimental en semillero fue de 12 m², dentro del cual se establecieron 20 unidades experimentales de 0.28 m² (0.7 m de largo por 0.4 m de ancho); mientras que el área experimental en campo abierto fue de 840 m², dentro del cual se establecieron 15 unidades experimentales de 12 m² (6 m de largo por 2 m de ancho).

Para el análisis de los datos obtenidos se usó el paquete estadístico SAS 6.12 (SAS Institute Inc., 1996). Se realizó el análisis de varianza de los datos y se obtuvo la prueba de Duncan al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sobrevivencia en semillero

En la Tabla I se presentan los valores obtenidos para la variable sobrevivencia de la plántula en

semillero. La menor sobrevivencia se obtuvo al usar el portainjerto RS888, con 86.7%. Comparando los portainjertos no se obtuvieron diferencias significativas entre los mismos, aunque con menor sobrevivencia en las plántulas injertadas que en el testigo sin injertar, con una reducción promedio del 10% debido a fallos normales que se presentan durante la fusión del injerto; por lo que al decidir usar esta técnica, deberá incrementarse el número de injertos a realizar para asegurar la densidad de plantación.

Altura de plántula

En cuanto a la altura de la plántula (Tabla I), aquellas de menor altura se obtuvieron al usar el portainjerto RS841, con 11.4 cm; sin embargo, al igual que para la variable sobrevivencia, no hubo diferencias significativas entre portainjertos, observándose una menor altura de plántula en aquellas injertadas que en el testigo sin injertar, con una reducción promedio del 18.4% al implementar la técnica de injerto; por lo que al imple-

Tabla 1. Sobrevivencia y altura de las plántulas de sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai), cv. Tri-X 313, injertada sobre diferentes portainjertos de calabaza (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*, a los 21 días de realizado el injerto.

Tratamiento	Sobrevivencia (%)	Altura (cm)
RS1330	93.3 b	12.0 b
RS841	90.0 b	11.4 b
RS888	86.7 b	11.9 b
RS1313	90.0 b	12.0 b
Testigo	100.0 a	14.5 a

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P=0.05$).

mentar los injertos, la siembra en semillero deberá realizarse previo a un cultivo sin injertar. Este efecto sobre la altura se debe al retraso en el crecimiento durante el período de fusión del injerto

Sobrevivencia en campo

La sobrevivencia del cultivo de sandía (Tabla II) en campo presentó valores superiores al 90%, sin diferencias significativas entre tratamientos, lo cual muestra un alto grado de adaptación del cultivo en campo abierto sin efecto del portainjerto.

Tabla 2. Sobrevivencia en campo de sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai), cv. Tri-X 313, injertada sobre diferentes portainjertos de calabaza (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moscha*).

Tratamiento	Sobrevivencia (%)
RS1330	100.0 a
RS841	100.0 a
RS888	94.4 a
RS1313	94.4 a
Testigo	100.0 a

Medias seguidas por la misma letra minúscula no son significativamente diferentes ($P=0.05$).

Estudios realizados por Davies y King (2007) mostraron que posterior al trasplante, condiciones de sequía o humedad en exceso, al igual que el viento, afectan la sobrevivencia de los injertos en campo.

Producción comercial

En lo que respecta a la producción comercial (Tabla III), con una disminución en el peso del

fruto del 5.6% con respecto al testigo sin injertar, el portainjerto RS841 presentó un incremento del 4.1% en la variable frutos por hectárea, no observándose diferencias significativas para la variable producción comercial entre ambos tratamientos. En el caso de los portainjertos RS888, RS1330 y RS1313 se observó una disminución en la producción comercial, con respecto al testigo sin injertar, no obteniéndose diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 3. Producción comercial de sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai), cv. Tri-X 313, injertada sobre diferentes portainjertos de calabaza (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*).

Tratamiento	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Frutos ha ⁻¹ (kg)	Peso fruto ⁻¹
RS1330	47.0 a	5 555 a	8.3 a
RS841	57.9 a	6 994 a	8.4 a
RS888	42.3 a	5 278 a	8.0 a
RS1313	48.3 a	5 833 a	8.3 a
Testigo	57.8 a	6 667 a	8.9 a

Medias seguidas por la misma letra minúscula no son significativamente diferentes ($P=0.05$).

Los resultados coinciden con estudios previos evaluando diferentes portainjertos en sandía, en donde no se observó efecto significativo sobre las variables peso del fruto y número de frutos (Alan *et al.*, 2007; Alexopoulos *et al.*, 2007).

Relación diámetro del fruto

La relación diámetro del fruto (Tabla IV) fluctuó entre 1.1 y 1.2, sin diferencias significativas entre

portainjertos al igual que con el testigo sin injertar, presentando los frutos forma ligeramente alargada. Lo anterior muestra que el uso del injerto en sandía no afecta la forma del fruto.

Concentración de sólidos solubles

La concentración de sólidos solubles (Tabla IV) no presentó diferencias significativas entre tratamientos, fluctuando de 9.2 a 10.6 que los hace ser frutos de calidad interna buena a muy buena (USDA, 2006).

Los resultados coinciden con Murakami y Araki (2001), quienes no encontraron diferencias significativas para la variable concentración de sólidos solubles entre plantas injertadas y aquellas sin injertar, resultados similares a los obtenidos por Yetisir y Sari (2003) evaluando diferentes portainjertos en sandía.

Tabla 4. Relación diámetro del fruto y concentración de sólidos solubles (CSS) en sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai), cv. Tri-X 313, injertada sobre diferentes portainjertos de calabaza (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moscha*).

Tratamiento	Relación diámetro del fruto (Adimensional)	CSS (%)
RS1330	1.2 a	10.6 a
RS841	1.1 a	9.2 a
RS888	1.1 a	10.2 a
RS1313	1.2 a	10.2 a
Testigo	1.1 a	10.5 a

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P=0.05$).

Concentración mineral

Para los macronutrientes (Tabla V), la concentración de nitratos (NO_3) fue menor en las plantas injertadas en 44.1% en promedio, con diferencias significativas con respecto al testigo sin injertar que presentó la mayor concentración de nitratos con 9 900 ppm.

Estudios realizados por Pulgar *et al.* (2000) mostraron que la reducción en la concentración de NO_3 en plantas injertadas está asociada a una mayor eficiencia en la actividad de la enzima nitrato reductasa, al parecer debido al efecto del portainjerto en la absorción de agua y nutrimentos.

En lo que respecta a los iones P, K, Ca y Mg (Tabla V), no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, tanto para los portainjertos como el testigo sin injertar.

Para los micronutrientes (Tabla V) se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, para los iones Zn, Fe, Mn, Cu y Na, Observándose en el portainjerto RS1330 mayor concentración de Zn y Cu.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye que, independientemente del portainjerto, la implementación de la técnica del injerto reduce la sobrevivencia de plántulas en semillero y retrasa el crecimiento del cultivo, con el consecuente atraso para su establecimiento en campo. Sandía injertada sobre portainjertos comerciales de calabaza no presenta efectos negativos tanto en la producción comercial como en

Tabla 5. Concentración mineral en plantas de sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai), cv. Tri-X 313, injertadas sobre diferentes portainjertos de calabaza (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*).

Tratamiento	Concentración mineral				
	Macronutrientes				
	(ppm)	(%)			
	NO ₃	P	K	Ca	Mg
RS1330	5 425 b	0.31 a	6.46 a	2.42 a	0.34 a
RS841	6 763 b	0.31 a	7.78 a	2.53 a	0.30 a
RS888	5 425 b	0.35 a	7.24 a	2.34 a	0.29 a
RS1313	4 513 b	0.35 a	7.74 a	2.44 a	0.33 a
Testigo	9 900 a	0.29 a	6.86 a	2.58 a	0.33 a
	Micronutrientes (ppm)				
	Zn	Fe	Mn	Cu	Na
RS1330	13.0 a	35.0 b	10.0 b	6.0a	662 b
RS841	12.0 ab	37.0 b	8.0 b	5.0ab	743 b
RS888	12.0 ab	39.0 ab	12.0 ab	4.0 b	1 244a
RS1313	9.0 b	42.0 ab	13.0 ab	5.0ab	970ab
Testigo	9.0 b	59.0 a	17.0 a	4.0 b	1 290a

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P=0.05$).

la calidad de la misma, pudiendo adoptarse dicha tecnología como alternativa ante la presencia de problemas bióticos y abióticos que limitan el crecimiento de la planta en su propia raíz. Se observó una menor concentración de nitratos en las plantas injertadas, al parecer debido a una mayor eficiencia en la actividad de la enzima nitrato reductasa, que favorece el aprovechamiento de los nitratos por la planta pudiendo disminuir la aplicación de nitrógeno. El portainjerto RS1330 presentó mayor concentración de Zn y Cu.

REFERENCIAS

- Alan, Ö., Özdemir, N. and Günen, Y. 2007. Effect of grafting on watermelon plant growth, yield and quality. *J. Agronomy* 6: 362-365.
- Alexopoulos, A.A., Kondylis, A. and Passam, H.C. 2007. Fruit yield and quality of watermelon in relation to grafting. *J. Food, Agric. Environ.* 5: 178-179.
- Colla, G., Roupael, Y., Cardarelli, M., Massa, D., Salerno, A. and Rea, E. 2006. Yield, fruit quality and mineral composition of grafted melon plants grown under saline conditions. *J. Hort. Sci. & Biotechnol.* 81: 146-152.
- Davies, A.R. and King, S.R. 2007. Grafted watermelon stand survival after transplant in a high-wind area. *Cucurbit Genet. Coop. Rpt.* 12-29: 35-38.
- FAO. 2007. Major food and agricultural commodities and producers. Food and Agricultural Organization of the United Nations. USA.

- <http://www.fao.org>. [Consulta: 31 de mayo de 2010]
- Hartmann, H. y Kester, D. 1994. Propagación de plantas: Principios y prácticas. Continental, México.
- Lee, J. 1994. Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. *HortScience* 29: 235-239.
- López, J., Samani, Z., Preciado, F.A., Alvarez, A. y Valenzuela, P. 1999. Evaluación de dos coeficientes de tina en sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) cv. Sangría, bajo acolchado plástico. Presentado en IX Congreso Nacional de Irrigación. Simposio 1. Ingeniería de Riego. ANEI, A.C. Culiacán, Sinaloa, México. Octubre 27-29.
- Messiaen, C., Blancard, D., Rouxel, F. y Lafon, R. 1995. Enfermedades de las hortalizas. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Murakami, K. and Araki, Y. 2001. The relationship between cultivation management and nitrogen supply on the growth of watermelons. *Acta Hort.* 563: 111-114.
- Oda, M. 1995. New grafting methods for fruit-bearing vegetables in Japan. *Japan Agricultural Res. Qrty.* 29: 187-194.
- Pulgar, G., Villora, G., Moreno, D.A. and Romero, L. 2000. Improving the mineral nutrition in grafted watermelon plants: nitrogen metabolism. *Biologia Plantarum* 43: 607-609.
- Rivero, R.M., Ruiz, J.M. and Romero, L. 2003. Role of grafting in horticultural plants under stress conditions. *Food, Agr. & Environ.* 1: 70-74.
- SIAP. 2010. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). México. <http://www.siap.gob.mx>. [Consulta: 31 de mayo de 2010]
- SAS Institute Inc. 1996. The SAS System for Windows Release 6.12. Cary, N. C. USA.
- USDA. 2006. United States Standards for Grades of Watermelons. Agricultural Marketing Service. Fruit and Vegetable Programs. Fresh Products Branch. USA.
- Yetisir, H. and Sari, N. 2003. Effect of different rootstock on plant growth, yield and quality of watermelon. *Austral. J. Experimental Agr.* 43: 1269-1274.