

Calidad de semilla y planta en hortalizas injertadas

Seed and plant quality in grafted vegetables

Aureliano Peña-Lomelí¹, Onécimo Grimaldo-Juárez^{2*},
Ángel Manuel Suárez-Hernández³, Carlos Ceceña-Durán², Daniel González Mendoza²

RESUMEN

La influencia del injerto en el mejoramiento de la producción y calidad del fruto en hortalizas ha sido ampliamente investigada. Sin embargo, la calidad de las semillas contenidas en los frutos y posterior desarrollo de plántulas ha sido un tema escasamente estudiado. El objetivo fue evaluar la calidad de semillas y plántulas obtenidas de plantas injertadas y sin injertar. Los tratamientos fueron condición de planta injertada y sin injertar en sandía y ejote. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones. En calidad de semillas se cuantificó el peso de 100 semillas, longitud y ancho de semilla. También se determinó el porcentaje de germinación en semilla con y sin envejecimiento acelerado, germinación normal y anormal, y longitud de raíz principal. En plántula se cuantificó el índice de velocidad de emergencia, la longitud de plántulas, diámetro de tallo y área foliar. Se realizó análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($P \leq 0,05$). Los resultados en calidad de semillas y plántulas estadísticamente fueron iguales, por lo que se concluye que el injerto no influye en la calidad de semilla y plántula.

Palabras clave: sandía, ejote, injerto, germinación.

ABSTRACT

The grafting in the improvement of fruit production and quality in vegetables has been extensively investigated, however, the seeds quality contained in fruits and subsequent development of seedlings has been little studied. The aim was to evaluate the seeds and seedlings quality obtained from grafted and ungrafted plants. The treatments were condition of grafted and ungrafted plant in watermelon and green beans. The experimental design was completely randomized with four repetitions. In seed quality it was quantified length, width and weight of 100 seeds. Also was determined seed germination percentage with and without aging, normal and abnormal germination, and main root length. In seedling it was quantified emergency speed index, seedling length, stem diameter and leaf area. Analysis of variance and comparison of Tukey means ($P \leq 0,05$) was performed. The results in seed and seedling quality were statistically similar, therefore, it is concluded that grafting does not influence seed and seedling quality.

Keywords: watermelon, green bean, graft, germination.

Introducción

El injerto en la producción de hortalizas es una técnica que se ha generalizado en varias regiones del mundo. Este nivel de adopción de la técnica en regiones agrícolas productoras de sandía, tomate y chile, principalmente, ha sido por la consistencia de varias investigaciones que confirman que el injerto previene la incidencia de patógenos del suelo. Lee *et al.* (2010), Louws *et al.* (2010) y Bogoescu *et al.* (2011) señalan que las plantas injertadas toleran

enfermedades causadas por *Fusarium*, *Verticillium*, *Phytophthora*, *Pseudomonas*, *Didymella bryoniae*, *Monosporascus cannonballus* y nematodos.

El efecto del injerto en el crecimiento y desarrollo de la planta ha sido evidente al incrementar la biomasa y el periodo de producción (Soare *et al.*, 2018). Estas respuestas están asociadas al vigor, desarrollo vertical y lateral del sistema radicular del portainjerto, que aumenta el área de exploración en el suelo, y con ello se logra mayor suministro de agua y nutrientes (He *et al.*, 2009;

¹ Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, km 38.5. Chapingo, Estado de México.

² Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ciencias Agrícolas, Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California, México.

³ Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ingeniería y Negocios San Quintín, Ejido Padre Kino, Ensenada, Baja California, México.

* Autor para correspondencia: onecimo.grimaldo@uabc.edu.mx

Salehi-Mohammad *et al.*, 2009; Mohamed *et al.*, 2012). Otro efecto adicional es la tolerancia a factores adversos como estrés hídrico, salino y térmico (Lee *et al.*, 2010; Al-Harbi *et al.*, 2016), lo que contribuye al incremento de la producción y mejoramiento de calidad del fruto (Alan *et al.*, 2007; Mohamed *et al.*, 2012; Suárez-Hernández *et al.*, 2017).

Investigaciones recientes sobre la producción de semilla de sandía diploide y tetraploide con diferente combinación de portainjertos indican que la condición injertada incrementa la producción, el número y peso de semilla en relación con el control (Solmaz *et al.*, 2018; Yetisir y Sari, 2018; Kombo y Sari, 2019). En parámetros de calidad fisiológica como porcentaje y tasa de germinación en semillas procedentes de plantas injertadas y normales, los resultados no son consistentes en periodos consecutivos de producción. Sin embargo, la condición injertada favorece mejores parámetros de calidad (Kombo y Sari, 2019).

La implementación del injerto en la producción de ejote ha sido a nivel de estudio de compatibilidad entre variedades y portainjertos, además de la influencia en la producción y calidad de las vainas (Bernal-Alzate *et al.*, 2016). La calidad de la semilla y plántula por efecto del injerto es un aspecto que no ha sido estudiado. Por ello, en esta investigación se emplearon semillas de frutos provenientes de sandía variedad Jubilee en condición normal e injertada con el portainjerto híbrido de calabaza Super shintoza, así como ejote variedad Strike en condición normal e injertada con frijol ayocote (*Phaseolus coccineus*), con el propósito de evaluar el efecto del injerto en la calidad de la semilla y la planta generada de semillas de plantas injertadas y normales.

Materiales y métodos

Semillas de sandía Jubilee y ejote Strike provenientes de planta normal e injertada fueron obtenidas en el ciclo primavera-verano 2019 en el Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California, ubicado a 32° 24' 19" LN y 115° 11' 48" LO, con una altitud de 10 msnm. El portainjerto utilizado en la producción de semilla en sandía fue el híbrido Super shintoza (*Cucurbita maxima* x *C. moshata*) y en ejote la variedad de frijol ayocote CP (*Phaseolus coccineus*). La semilla cosechada en sandía se puso a fermentar

en la pulpa por tres días. Posteriormente fue lavada con agua y secada al ambiente bajo sombra por cinco días. En ejote la cosecha de las vainas se realizó al cambiar de color amarillo a rojizo. Después fueron secadas directamente al sol por cinco días. La semilla cosechada fue depositada en bolsas ziploc previamente etiquetadas con el nombre de la especie y condición de planta.

Las pruebas de calidad de las semillas y de la planta se establecieron en el laboratorio de semillas e invernadero de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado a 19° 29' 22" LN y 98° 52' 25" LO, a 2264 m sobre el nivel del mar. Los tratamientos establecidos se basaron en el origen de la semilla: 1) sandía injertada, 2) sandía sin injerto, 3) ejote injertado y 4) ejote sin injerto. Las variables evaluadas fueron caracteres físicos y de germinación de semilla, así como la calidad de planta. Las mediciones físicas de las semillas se realizaron en muestras de 100 semillas, considerando cuatro repeticiones por tratamiento. El peso de semilla se determinó con balanza analítica, la longitud y ancho se cuantificaron con vernier digital.

La prueba de germinación se realizó de acuerdo a las reglas establecidas por la ISTA (2011), sembrándose cuatro repeticiones de 100 semillas por condición de planta. Los resultados se expresaron en porcentaje de germinación total, plántulas normales y anormales, y longitud de raíz principal en cm.

La prueba de envejecimiento acelerado se hizo en muestras de 100 semillas y consistió en colocar semilla sobre una malla dentro de una cámara de plástico con 70 ml de agua, la que a su vez se puso al interior de una cámara de envejecimiento. Las semillas se envejecieron a 42 °C, humedad relativa de 100% por un periodo de 96 horas (Delouche y Baskin, 1973).

La calidad de la planta se determinó en plantas desarrolladas en la fase fenológica de segunda hoja verdadera. Las plantas se obtuvieron de la siembra de 400 semillas por condición de material en bandejas para germinación de 200 cavidades y sustrato peat moss BM2, colocándose una semilla por cavidad. Los resultados se expresaron en índice de velocidad de emergencia (IVE), que se obtuvo mediante conteos diarios del número de plántulas emergidas. El IVE se calculó de acuerdo a la propuesta de Maguire (1962).

Se determinaron los porcentajes en las variables emergencia total, emergencia normal y anormal,

longitud de planta en cm y diámetro de tallo en mm. Las mediciones se realizaron con una regla graduada en cm y vernier digital. El área foliar se cuantificó en cm² con un equipo de medición Li-COR modelo LI-3100.

El análisis de los datos se realizó mediante análisis de varianza con diseño completamente al azar en forma separada para sandía y ejote en las dos modalidades de la planta. También se hizo comparación de medias mediante la prueba de Tukey al 0,05 de significancia para discriminar tratamientos. El paquete estadístico empleado en los análisis fue SAS (SAS Institute, 2006).

Resultados y discusión

Las características físicas de la semilla en peso, longitud y ancho (Tabla 1) fueron estadísticamente diferentes en la condición de las plantas injertadas y normales. En ejote, la longitud y el ancho fueron mayores en la condición injertada con incremento del 3,9 y 6,5%, respectivamente, en comparación con las plantas sin injerto. En sandía, el ancho de semilla fue mayor en 0,44 mm en la condición normal de la planta con respecto a la injertada. El peso fue una característica que se redujo por la condición injertada en ambas especies con un decremento de 5,8% en ejote y 13,6% en sandía.

Los valores inferiores de peso en semillas en la condición injertada con respecto a la normal sugieren que el injerto afecta la acumulación de materia seca. Sin embargo, en estudios posteriores se requiere incrementar el número de especies para validar dicho efecto. Estos resultados difieren de los reportados por Kombo y Sari (2019), quienes encontraron que el peso de semilla no fue

modificado por el portainjerto híbrido de calabaza (*Cucurbita maxima* x *C. moschata*) variedad NUN-9075, al evaluar plantas de sandía triploide variedad ST 101 en dos periodos consecutivos de producción. Solmaz *et al.* (2018), por el contrario, reportan que existe un incremento en peso al emplear el portainjerto NUN-9075 en plantas de sandía diploide variedad Crimson sweet.

La condición de las semillas en cuanto a la capacidad y calidad de la germinación fue evaluada por el porcentaje de germinación, germinación normal y anormal, así como longitud de raíz principal (Tabla 2). Se encontró que estadísticamente no se tuvieron diferencias en las diferentes variables, a excepción del porcentaje de plántulas normales en sandía, donde la condición normal superó en 8% a la injertada. La germinación de las semillas en ambas especies fue superior al 94%, de las cuales el 89% como mínimo tuvieron germinación normal. La longitud de raíz principal en las semillas germinadas también se mantuvo sin cambios por la condición de las plantas. La variación de la longitud en la raíz entre la condición normal e injertada en sandía fue 0,54 cm, mientras que en ejote 1,0 cm.

Estos resultados en germinación muestran que el injerto mantiene la calidad de las semillas en ambas especies estudiadas. Respuestas similares se encontraron en semillas de plantas de sandía variedad Crimson sweet injertadas con los portainjertos NUN-9075 (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*) y Argentario (*Lagenaria siceraria*), al cuantificar el porcentaje de germinación en el segundo ciclo del cultivo (Kombo y Sari, 2019). Este comportamiento también fue confirmado por Solmaz *et al.* (2018),

Tabla 1. Características físicas de semillas de ejote y sandía obtenidas de plantas en condición normal e injertada.

Combinación de injerto	Longitud de semilla (mm)	Ancho de semilla (mm)	Peso de 100 semillas (g)
Ejote control (E)	11,38 b	5,06 b	21,65 a
E/P. <i>coccineus</i>	11,82 a	5,39 a	20,40 b
Valor de P	0,017	0,003	0,011
HSD	0,33	0,19	0,90
Sandía control (S)	12,73 a	7,56 a	10,13 a
S/Super shintoza	12,44 a	7,12 b	8,75 b
Valor de P	0,090	0,001	0,001
HSD	ns	0,09	0,01

Los valores dentro de cada columna y dentro de especie, seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey al 0,05 de probabilidad). ns = diferencias no significativas. HSD = Diferencia honestamente significativa.

Tabla 2. Porcentaje de germinación y longitud de raíz principal en semillas obtenidas de plantas injertadas y sin injerto en sandía y ejote.

Combinación de injerto	Germinación (%)	Germinación normal (%)	Germinación anormal (%)	Longitud de raíz principal (cm)
Ejote control (E)	96,0	91,0	11,0	5,56
E/Ayocote	94,0	89,0	5,0	4,56
Valor de P	0,580	0,060	0,100	0,080
HSD	ns	ns	ns	ns
Sandía control (S)	99,0	95,0 a	4,0	6,09
S/Super shintoza	95,0	87,0 b	6,0	5,55
Valor de P	0,190	0,010	0,530	0,360
HSD	ns	5,28	ns	ns

Los valores dentro de cada columna y dentro de especie, seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey al 0,05 de probabilidad). ns = diferencias no significativas. HSD = Diferencia honestamente significativa.

quienes no observaron diferencias significativas en el porcentaje de germinación de semillas obtenidas de sandía ST 101 injertada sobre los NUN-9075 y Argentario en dos ciclos consecutivos de producción.

Los efectos del envejecimiento acelerado en la calidad de las semillas, cuantificados por el porcentaje de germinación, germinación normal y anormal, así como longitud de raíz (Tabla 3), muestran que el deterioro causado fue mayor en semillas de sandía injertada, donde el porcentaje de germinación decreció 8% con respecto a la planta normal, mientras que en ejote no se observaron diferencias en ambas condiciones de la planta. En las variables de germinación normal y anormal, así como el crecimiento de la raíz principal, la condición injertada en ejote y sandía mantuvo la misma calidad de las semillas en comparación con las plantas normales (Tabla 3). El comportamiento

de estas variables fue muy similar al observado en semillas sin envejecimiento, considerándose que el envejecimiento no afectó la calidad de las semillas.

En cuanto a los factores de alta humedad (100%) y temperatura (42 °C), considerados de mayor influencia en el deterioro de la semilla, fue evidente que periodos cortos de exposición no producen efectos inmediatos. Delouche y Baskin (1973) señalan que el deterioro puede progresar hasta cierto punto donde no se afecta la capacidad de germinación normal de la semilla.

La emergencia y calidad de plántulas generadas de semillas de ejote y sandía procedentes de plantas injertadas y sin injerto (Tabla 4) no mostraron diferencias estadísticas por influencia del injerto, en ninguna de las variables evaluadas. Estos resultados eran de esperarse por las evaluaciones previas de

Tabla 3. Porcentaje de germinación y longitud de raíz principal en semillas sometidas a envejecimiento artificial obtenidas de plantas injertadas y sin injerto en ejote y sandía.

Combinación de injerto	Germinación (%)	Germinación normal (%)	Germinación anormal (%)	Longitud de raíz principal (cm)
Ejote control (E)	94,0	88,0	6,0	11,26
E/Ayocote	94,0	88,0	6,0	10,43
Valor de P	1,000	1,000	1,000	0,200
HSD	ns	ns	ns	ns
Sandía control (S)	95,3 a	92,6	2,6	6,68
S/Super shintoza	87,3 b	84,6	2,6	6,49
Valor de P	0,005	0,060	1,000	0,550
HSD	5,05	ns	ns	ns

Los valores dentro de cada columna y dentro de especie, seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey al 0,05 de probabilidad). ns = diferencias no significativas. HSD = Diferencia honestamente significativa.

germinación de semillas normales y envejecidas, donde fue evidente que la calidad de las semillas de manera general se mantiene en las condiciones de las plantas en ambas especies. La calidad de planta, evaluada por el diámetro de tallo, altura y área foliar (Tabla 4), mostró que la germinación normal de las semillas se mantuvo al sembrarlas directamente en campo (sustrato), ya que las plantas crecieron y se desarrollaron sin diferencias estadísticas entre las condiciones de las plantas en ambas especies. En ejote, la emergencia de las plántulas con respecto a los resultados de germinación previamente obtenidos fue relativamente menor. Esta reducción en la emergencia y desarrollo de plantas estuvo asociada a la incidencia de patógenos del sustrato (información no presentada).

Con base en los resultados sobre la calidad de las semillas y plántula en condición de planta injertada y normal, el injerto no representó incremento ni mejoramiento de la capacidad germinativa de las semillas, al igual que en los parámetros de calidad de las plantas. En este sentido, la influencia directa del injerto será principalmente en la producción de semilla, ya que se ha demostrado aumento en la producción de frutos por unidad de superficie. En sandía injertada se reportan incrementos hasta en 115% (Huitron-Ramírez *et al.*, 2009) y en ejote

76% (Bernal-Alzate *et al.*, 2016). En cuanto a producción de semilla en sandía injertada, los incrementos son de 15% a 75% entre diferentes combinaciones de portainjertos (Solmaz *et al.*, 2018; Kombo y Sari, 2019).

Es pertinente que en futuras investigaciones se incremente el número de portainjertos y variedades que se injertarán, ya que al presentarse interacción por la combinación específica entre portainjerto y variedades, las respuestas del injerto son variables.

Conclusiones

La condición injertada de las plantas en sandía y ejote no influyó en la calidad física y fisiológica de la semilla ni en la calidad de planta.

Agradecimientos

A PRODEP por el apoyo económico otorgado durante la estancia académica en la Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México. Al ingeniero Emmanuel Hernández Vargas por el apoyo en la elaboración de injertos.

A la Universidad Autónoma Chapingo por las facilidades brindadas en el desarrollo del experimento.

Tabla 4. Comparación de la calidad de semilla y plántulas, obtenidas de semillas de plantas de ejote y sandía en condición normal e injertada.

Combinación de injerto	IVE	PE (%)	EN (%)	EA (%)	DT (mm)	LP (cm)	AF (cm ²)
Ejote control (E)	10,4	75,3	63,3	12,00	2,98	18,90	98,37
E/Ayocote	12,1	79,8	72,0	7,75	2,89	18,75	102,67
Valor de P	0,390	0,440	0,290	0,18	0,11	0,78	0,48
HSD	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Sandía control (S)	7,93	96,0	92,25	3,75	4,81	6,75	31,31
S/Super shintoza	8,82	93,5	88,75	4,75	4,55	6,62	32,00
Valor de P	0,090	0,320	0,280	0,530	0,470	0,610	0,490
HSD	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Los valores dentro de cada columna y dentro de especie, seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey al 0,05 de probabilidad). ns = diferencias no significativas. HSD = Diferencia honestamente significativa.

IVE = índice de velocidad de emergencia, PE = porcentaje de emergencia, EN = emergencia normal, EA = emergencia anormal, DT = diámetro de tallo, LP = longitud de plántula, AF = área foliar.

Literatura citada

- Alan, O.; Ozdemir, N.; Gunen, Y.
2007. Effect of grafting on watermelon plant growth, yield and quality. *Journal of Agronomy*, 6(2): 362-365.
- Al-Harbi, A.; Hejazi, A.; Al-Omran, A.
2016. Responses of grafted tomato (*Solanum lycopersicon* L.) to abiotic stresses in Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24: 1274-1280.
- Bernal-Alzate, J.; Grimaldo-Juárez, O.; González-Mendoza, D.; Cervantes-Díaz, L.; Rueda-Puente, E.O.; Ceceña-Durán, C.
2016. El injerto como alternativa para mejorar el rendimiento en la producción de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.). *Idesia (Arica)*, 34(2): 43-46.
- Bogoescu, M.; Doltu, M.; Iordache, B.; Vintila, M.; Sora, D.; Mohora, A.
2011. The grafting tomatoes crop-an alternative for vegetable growers. *Bulletin UASVM Horticulture*, 68: 215-221.
- Delouche, J. C.; Baskin C. C. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology*, 1: 27-452.
- He, Y.; Zhu, Z.; Yang, J.; Ni X.; Zhu, B.
2009. Grafting increases the salt tolerance of tomato by improvement of photosynthesis and enhancement of antioxidant enzymes activity. *Environmental and Experimental Botany*, 66: 270-278.
- Huitrón-Ramírez, M.V.; Ricárdez-Salinas, M.; Camacho, F.F.
2009. Influence of grafted watermelon plant density on yield and quality in soil infested with melon necrotic spot virus. *HortScience*, 44: 1838-1841.
- International Seed Testing Association.
2011. International rules for seed testing. ISTA. Bassersdorf, Switzerland. 70 p.
- Kombo, M.D.; Sari, N.
2019. Rootstock effects on seed yield and quality in watermelon. *Horticulture, Environment and Biotechnology*, 60: 303-312.
- Lee, J.M.; Kubota, C.; Tsao, S.J.; Bie, Z.L.; Hoyos, E.P.; Morra, L.; Oda, M.
2010. Current status of vegetable grafting: diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae*, 127: 93-105.
- Louws, F.J.; Rivard, C.L.; Kubota, C.
2010. Grafting fruiting vegetables to manage soilborne pathogens, foliar pathogens, arthropods and weeds. *Scientia Horticulturae*, 127: 127-146.
- Maguire, J.D.
1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergences and vigor. *Crop Sci.*, 2: 176-177.
- Mohamed, F.H.; El-Hamed, K.E.; Elwan, M.W.M.; Hussien, M.N.E.
2012. Impact of grafting on watermelon growth, fruit yield and quality. *Vegetable crops research bulletin*, 76: 99-118.
- Salehi-Mohammadi, R.; Khasi, A.; Lee, S.G.; Huh, Y.C.; Lee, J.M.; Delshad, M.
2009. Assessing survival and growth performance of Iranian melon to grafting onto Cucurbita rootstocks. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 27(1): 1-6.
- SAS.
2006. Statistical Analysis System. SAS Institute Inc. Version 9. North Caroline USA.
- Soare, R.; Dinu, M.; Babeanu, C.
2018. The effect of using grafted seedlings on the yield and quality of tomatoes grown in greenhouses. *Horticultural Science (Prague)*, 45: 76-82.
- Solmaz, I.; Sari, N.; Kombo, M.D.; Simsek, I.; Hussein, S.; Namli, M.
2018. Rootstock capacity in improving production and quality of triploid watermelon seeds. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 42: 298-308.
- Suárez-Hernández, A.M.; Grimaldo-Juárez, O.; García-López, A.M.; González-Mendoza, D.; Huitrón-Ramírez, M.V.
2017. Influence of rootstock on postharvest watermelon quality. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 23(1): 49-58.
- Yetisir, H.; Sari, N.
2018. Fruit and seed yields of watermelon [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. and Nakai] grafted onto different bottle gourd (*Lagenaria siceraria* Molina Standl.) rootstocks. *Asian Journal of Research in Agriculture and Forestry*, 1(2): 1-9.