

Efecto de tres volúmenes de agua en la productividad y calidad de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero

Rubén Macías Duarte¹
Raúl Leonel Grijalva Contreras²
Fabián Robles Contreras³

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar el efecto de la aplicación de tres diferentes volúmenes de agua (8.5, 13.0 y 17.4 Mm³) sobre el rendimiento y calidad del tomate bola bajo condiciones de invernadero. La investigación se realizó en el Campo Experimental del INIFAP en Caborca, Sonora durante el ciclo 2005-2006. El experimento se estableció en un suelo de textura franco arenoso, con conductividad eléctrica de 1.22 dS m⁻¹ y pH de 7.96. Se utilizó la variedad Charleston. El trasplante se realizó el 30 de septiembre del 2005, utilizando una densidad de 2.5 plantas m⁻², el suelo fue acolchado con plástico gris. El periodo de producción comprendió del 12 de enero hasta el 29 de mayo del 2006, con un total de 25 cortes. El rendimiento obtenido en los diferentes tratamientos de riego presentó diferencias significativas y se obtuvo una respuesta positiva en el rendimiento a medida que se disminuyó la cantidad de agua

aplicada. El rendimiento obtenido fue de 19.1, 18.1 y 17.6 kg m⁻² para los tratamientos donde se aplicó 8.5, 13.0 y 17.4 Mm³, respectivamente. En calidad de fruto, el peso varió entre 206 y 212 g y los calibres que sobresalieron fueron el 34, 42 y 30 sin ser afectados por los tratamientos. La presencia de desórdenes fisiológicos como fruto rajado y pudrición apical no fueron afectados significativamente por los tratamientos de riego, de igual manera tampoco influyó en el vigor de la planta.

Palabras clave: Rendimiento, riego, desórdenes fisiológicos, *Lycopersicon esculentum*, acolchado plástico.

ABSTRACT

The objective of this trial was to evaluate the effect of three different volumes of water (8.5, 13.0 and 17.4 Mm³) on the tomato quality and production

¹ Maestro en Ciencias. Investigador en producción de hortalizas en el Campo Experimental de Caborca. INIFAP. Correo electrónico: macias.ruben@inifap.gob.mx,

² Maestro en Ciencias. Investigador en producción de hortalizas bajo ambiente controlado en el Campo Experimental de Caborca. INIFAP. Correo electrónico: grijalva.raul@inifap.gob.mx

³ Maestro en Ingeniería. Investigador en cultivos potenciales en el Campo Experimental de Caborca. INIFAP. Correo electrónico: robles.fabian@inifap.gob.mx

under greenhouse conditions. This research was carried out in the INIFAP Experimental Station in Caborca, Sonora during 2005 and 2006. The experiment was established in sandy loam soil, electrical conductivity (C.E.) of 1.22 dS m⁻¹ and pH of 7.96. The variety used was Charleston. The trasplanting date was September 30, 2005 using planting density of 2.5 plant m⁻² on grey plastic mulch.. The production period was of January 12 until May 29, 2006 carried out 25 cuts. The results showed significant differences in yield among volumes of water applied. The yields were 19.1, 18.1 and 17.6 kg m⁻² for treatments where it was applied 8.5, 13.0 and 17.4 Mm³, respectively. The fruit weight varied from 206 to 212 g and the fruit size more common were 34, 42 and 30 without being affected by the treatments, the presence of physiological disorder such as cracking fruit and blossom end rot were not significantly affected by irrigation treatments, at the same time did not affect plant vigor.

Key words: Yield, irrigation, physiological disorder, *Lycopersicon esculentum*, plastic mulch.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es el principal cultivo que se produce bajo condiciones de invernadero en México. Estados Unidos y Canadá demandan anualmente 2.2 millones de toneladas de tomate y en México se producen un promedio de 200 t ha⁻¹ bajo invernadero con un 60% de producto exportable (120 t ha⁻¹). Siendo el consumo per cápita de 8.0 kg por año, sería necesario establecer 18,333 ha de invernadero para cubrir esa demanda. En el 2009 se estima una superficie de invernaderos de alrededor 10,000 ha

de las cuales el 60% son de plástico, el 34% son casa sombra y un 4% son invernaderos de vidrio. Por otro lado, el 72% de la superficie nacional se dirige a la producción de tomate en sus diferentes modalidades, seguido por el pepino y el chile bell (Castellanos y Borbón, 2009; González, 2009).

Investigaciones previas para producir tomate en invernadero en el Noroeste de Sonora señalan que bajo un invernadero de mediana tecnología, sin control de temperatura, es posible alcanzar un rendimiento de 25 a 30 kg m⁻² con un periodo de producción entre mediados de diciembre y finales de mayo; además, señalan que el empleo de variedades de tomate adaptadas a la región y a la tecnología utilizada es un factor importante para incrementar el rendimiento y calidad del fruto (Grijalva y col., 2004; Grijalva y col., 2006; Grijalva y col., 2009).

Bajo el esquema de producción intensiva en invernadero, el manejo del agua es de vital importancia en la producción intensiva de este cultivo, debido a que cumple una serie de funciones básicas en la vida de las plantas, constituyendo hasta en un 95% de su peso fresco (Castilla, 2005). La aplicación deficiente ó en exceso produce efectos negativos en la calidad y rendimiento del cultivo. Con la falta de agua, la planta sufre condiciones de estrés hídrico por ejemplo cuando el potencial de agua foliar baja a valores -9 bar, se desencadena la síntesis de ácido absícico (ABA). Esta hormona detiene el crecimiento del ápice terminal de las yemas laterales y con ello hay mayor disponibilidad de fotoasimilados para el crecimiento radicular lo cual ocasiona que la planta aumente la

proporción de raíces con respecto a la parte aérea. Se debe tener en cuenta que ABA es una sustancia que induce el cierre de los estomas, lo cual produce una disminución del flujo de CO₂ y con ello cae la fotosíntesis. Las hojas maduras pierden su capacidad del control estomático y en cambio producen un acartuchamiento de las mismas para interceptar menos radiación y con esto atenuar los efectos de estrés hídrico. Por otro lado el mismo investigador menciona que la caída de flores en tomate es estimulada por el estrés hídrico, aunado a otros factores como temperatura extrema (altas o bajas), falta de viento, luminosidad escasa y exceso de nitrógeno (Pilatti, 1997).

Las necesidades de agua de la planta, está en función de la etapa fenológica de la misma, condiciones de clima dentro del invernadero, vigor de la planta, tipo de suelo, eficiencia del riego (uniformidad del gasto en los goteros), época del año, masa vegetativa, cantidad de frutos en la planta y conductividad eléctrica (C.E.); y se recomienda regar antes de que la tensión matricial del suelo alcance los 20-30 centibar, con lo que en la región del Valle de Almanzora y Este de la provincia de Almería España se aplica un volumen promedio de 7.8 Mm³ durante el ciclo en la producción de tomate (Cadena y col., 2003).

El experimento consistió en evaluar el efecto de la aplicación de tres volúmenes diferentes de agua de riego en el cultivo de tomate bola distribuida durante el ciclo del cultivo, con el fin de comparar el volumen promedio usado por el productor bajo el mismo nivel de tecnología, con el uso de suelo como sustrato, contra un volumen menor y otro superior al del productor.

Un síntoma asociado a la falta de agua durante el desarrollo del fruto es la presencia de frutos huecos (frutos con placenta separada de la pared) aunque también puede ser provocado por polinización deficiente (Álvarez y col., 2005). En otra evaluación realizada por el mismo investigador sobre diferentes cantidades de agua aplicada al cultivo del tomate bajo condiciones de producción en malla

sombra, no encontró diferencias estadísticas en rendimiento y calidad al aplicar 6.0 y 7.0 Mm³ de agua respectivamente.

Un efecto ocasionado por la fluctuación de contenidos de agua en la planta son los desórdenes fisiológicos donde sobresalen el rajado de fruto y la pudrición apical. Las causas pueden estar dadas por riegos poco frecuentes, con las consiguientes fluctuaciones en el potencial hídrico, o bien responder a un aumento en la presión radical; es decir, la absorción activa de agua que al no ser eliminada durante la noche por transpiración (solo por gutación) tiene ese efecto, así como por la alta

humedad ambiental dentro del invernadero (Pilatti, 1997; Kitano y col., 1999; Gil y Miranda, 2000; Saure, 2001). Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue determinar el efecto de tres volúmenes de agua sobre la productividad y calidad del tomate bola bajo condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Campo Experimental Región Caborca (INIFAP), durante el ciclo 2005-2006, con el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero, el cual se construyó con cubierta de plástico de un espesor de 8.0 mil, ventanas laterales operadas manualmente y ventanas zenitales automáticas que abren o cierran a una temperatura de 30 °C y sin calefacción. El medio de cultivo que se utilizó fue un suelo de textura franco arenosa con contenidos de arena, limo y arcilla de 81.5%, 9.0% y 9.5% respectivamente, conductividad eléctrica de 1.22 dS m⁻¹ y pH de 7.96, considerado adecuado para la producción de tomate (Castellanos y col., 2000). Se utilizó la variedad Charleston. El cultivo se estableció por trasplante el 30 de septiembre del 2005 en camas a 1.6 m de separación a doble hilera de plantación con 0.5 m entre plantas y con una densidad de 2.5 plantas m⁻². Se utilizó acolchado de plástico color gris. El riego se aplicó por medio de una cinta de riego con goteros cada 40 cm y un gasto de 1.6 l h⁻¹ por gotero colocada entre las dos líneas de plantación al centro de la cama. El experimento consistió en evaluar el efecto de la aplicación de tres volúmenes diferentes de agua de riego en el cultivo de tomate bola distribuida durante el ciclo del cultivo, con el fin de comparar el volumen promedio usado por el productor bajo el mismo nivel de tecnología, con el uso de suelo como sustrato, contra un volumen menor y otro superior al del productor. Las horas de riego acumuladas y el volumen correspondiente de agua aplicada para cada uno de los tres tratamientos fueron: a) 343 horas con 8.5 Mm³ ha⁻¹, b) 520 horas con 13.0 Mm³ ha⁻¹ (productor) y c) 697 horas con 17.4 Mm³ ha⁻¹.

Las principales prácticas de manejo dadas al cultivo fueron: Las plantas se entrenaron a un solo tallo y fueron sostenidas por un hilo de rafia, semanalmente se eliminaron los brotes laterales. La fertilización total recibida fue 526N-315P-670K-83Ca-32Mg la cual se aplicó a través del riego cada dos días. A la fórmula total se le incluyeron 150N-150P-150K aplicadas en presiembra; además, se realizaron 11 aplicaciones foliares de quelatos de hierro, zinc y magnesio, a las cuales se agregaban dos nutrientes foliares (bayfolan y maxigrow), las necesidades de fertilización en las etapas del cultivo fueron ajustadas de acuerdo a lo reportado por los análisis foliares. Para mejorar el suelo se aplicó humus 90 (ácidos húmicos 47.4%, ácidos fúlvicos 42.6% y potasio 9%) en dosis de 2.0 kg ha⁻¹ en dos ocasiones. Para el control de la mosca blanca (*Bemisia* sp) se realizaron tres aplicaciones al suelo y tres al follaje de Thiamethoxan (62.5 ml ha⁻¹), dos de Bifentrina (40 ml ha⁻¹) al follaje y dos de Imidacloprid (166 ml ha⁻¹). Para el control de gusano soldado (*Spodoptera exigua*) se realizaron cuatro aspersiones de Bactospeine (*Bacillus thuringensis*) en dosis de 4.0 g en 100 l agua. Para el control del minador de la hoja (*Liriomyza* spp) se realizaron dos aplicaciones de Abamectina (0.9 ml en 100 l agua). Para el control de *Botrytis cinerea* se realizaron tres aplicaciones foliares de Benomilo (350g en 100 l agua), tres de folpet (2.0 kg ha⁻¹), dos de Captan (1.5 kg ha⁻¹) y dos de Oxícloruro de cobre (1.0 kg ha⁻¹) además se curaron los troncos con una pasta a base de Folpet, Captan y Cobre. Para prevenir problemas de bacterias se aplicó en forma preventiva Oxitetraciclina (18.2 g en 100 l agua). Cada uno de los tratamientos se estableció en surcos con cuatro repeticiones. Las variables medidas

fueron: Rendimiento total en kg m^{-2} y cajas ha^{-1} de exportación por calibre, calidad de fruto (peso y calibre), desórdenes fisiológicos (frutos rajados y pudrición apical) y vigor de la planta (diámetro de tallo y altura de planta). El diseño experimental usado fue bloques al azar con cuatro repeticiones. El ANOVA se realizó con el programa estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) y la diferencia de medias con la prueba de Tukey al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cosecha se realizó del 10 de enero (102 días después del trasplante) al 29 de mayo, con un total de 25 cortes con los siguientes resultados:

a) Rendimiento.

El análisis estadístico detectó diferencias significativas entre los tratamientos de cantidad de agua aplicada. El tratamiento de menor volumen con 8.5 Mm^3 aplicados, logró el mayor rendimiento de tomate bola de primera calidad, con una producción de 19.1 kg m^{-2} , superando en un 5.6 y 8.5% a los tratamientos con aplicaciones de 13.0 y 17.4 Mm^3 , los cuales obtuvieron rendimientos de 18.1 y 17.6 kg m^{-2} respectivamente (Tabla I).

Los resultados anteriores indican que bajo las condiciones de producción anteriormente descritas, el cultivo de tomate bola en la región obtuvo una producción aceptable con la aplicación de 8.5 Mm^3 de agua de riego el cual es muy parecido a la cantidad de agua que se aplica en la producción de tomate en los invernaderos de la región de Almería España (Cadena y col., 2003).

Tabla 1. Rendimiento de tomate bola (kg m^{-2}) en la evaluación de tres tratamientos de riego bajo condiciones de invernadero.

Volumen de agua aplicada (Mm^3)	Rendimiento (kg m^{-2})
8.5	19.1 a*
13.0	18.1 b
17.4	17.6 c

C.V. 1.3%

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 5%).

La producción obtenida en cada uno de los tratamientos se clasificó por calibre, el cual se refiere al número de tomates en una caja de 6.80 kg (15.0 lb) ya que está es la forma en que se empaican los tomates de invernadero para el mercado de exportación.

El análisis estadístico detectó diferencias significativas entre tratamientos en la producción total de cajas cosechadas en los diferentes tratamientos de riego, sobresaliendo con mayor producción de cajas el tratamiento donde se aplicó 8.5 Mm^3 con una producción total de 28046 cajas ha^{-1} mientras que la menor producción correspondió a donde se regó con 17.4 Mm^3 con un total de 25843 cajas ha^{-1} . En relación al tamaño de fruto, las diferencias estadísticas entre tratamientos solo se presentaron en el calibre 56 (Tabla II). En forma general, en los tres tratamientos de riego, los tamaños de tomates que más sobresalieron fueron los calibres 42, 34, 30, 28 y 26, los cuales representan el 67.5% del total de las cajas cosechadas con un peso que varió de 162 a 262 g . Además de que

Tabla 2. Rendimiento de tomate bola (cajas ha⁻¹) en la evaluación de tres tratamientos de riego bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Rendimiento por tamaño (cajas ha ⁻¹)											
	76	56	42	34	30	28	26	24	22	20	18	Total
8.5	397a	2105a	5114a	5413a	3953a	2245a	2164a	1620a	1762a	2033a	1240a	28046 a
13.0	293a	1726b	4040a	5304a	4272a	2636a	2188a	2138a	1506a	1611a	862a	26576 b
17.4	534a	1870c	3636a	4676a	2926a	2624a	3237a	2078a	1003a	1801a	1458a	25843 c
Med.	1232	1902	4265	5133	3718	2503	2531	1947	1425	1816	1188	26821
%	4.5	7.1	15.9	19.1	13.8	9.3	9.4	7.2	5.3	6.7	4.4	
C.V.	22.2	2.18	13.9	23.0	8.4	8.8	11.9	20.3	31.6	28.6	82.4	2.1

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 5%).

estos calibres son los preferidos por el mercado y por consiguiente alcanzan los mejores precios en la comercialización.

b) Peso de fruto

El peso de fruto no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. El incremento de 8.5 a 17.4 Mm³ en la aplicación de agua no influyó en el peso final del fruto, presentando una variación de solo 6 g entre tratamientos (Tabla III).

Tabla 3. Peso de fruto de tomate (g) en la evaluación de tres tratamientos de riego bajo condiciones de invernadero.

Volumen de agua aplicada (Mm ³)	Peso del fruto (g)
8.5	206 a
13.0	212 a
17.4	212 a

C.V. 2.0%

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 5%).

c) Fruto rajado

Los resultados obtenidos indican que aún y cuando el análisis estadístico no detectó diferencias significativas entre tratamientos, la menor cantidad de frutos rajados en forma radial se presentó en el tratamiento donde se aplicó 8.5 Mm³, mientras que donde se aplicó mayor volumen de agua la cantidad de frutos rajados se incrementó, lo que contribuyó a el menor rendimiento logrado por este tratamiento (Tabla IV).

Tabla 4. Cantidad de tomate rajado (kg m⁻²) en la evaluación de tres tratamientos de riego bajo condiciones de invernadero.

Volumen de agua aplicada (Mm ³)	Fruto rajado (kg m ⁻²)
8.5	1.2 a
13.0	1.8 a
17.4	2.2 a

C.V. 24.8%

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 5%).

El aumento en el tiempo de riego incrementó la cantidad de fruto rajado en un 52.1 y 83.1% cuando se regó dos y tres horas respectivamente, desorden fisiológico el cual se presentó a partir del 17 de marzo hasta final de ciclo. La mayor cantidad de frutos rajados se presentó del 17 de marzo al 14 de abril época donde cambian las condiciones climáticas de temperatura fresca a calurosa y se dan altas fluctuación en la temperatura del día con respecto a la noche y una de las causas del rajado del fruto se debe a estas fluctuaciones en la temperatura cuando disminuye en forma brusca la temperatura nocturna después de un periodo de altas temperaturas durante el día. Otra de las causas del rajado de frutos es que al aumentar más de lo necesario la adición de agua al cultivo, en la etapa de maduración, se da un aumento del contenido de agua en los frutos que no corresponden con un crecimiento normal de la epidermis del mismo y por consiguiente se revienta la epidermis del fruto (Pilatti, 1997).

d) Pudrición apical

El análisis estadístico no detectó diferencias significativas en cuanto a cantidad de frutos con pudrición apical al aplicar una cantidad de agua de 8.5 a 17.4 Mm³. La presencia de este desorden fisiológico varió de 0.8 a 1.1 kg m⁻² (Tabla V).

Lo anterior muestra que la pudrición apical de fruto fue similar para los tres tratamientos, por lo que la cantidad de agua aplicada al cultivo no influyó en este problema. Esto difiere por lo indicado por Reid y col. (1996), los cuales indican que la mayor cantidad de pudrición apical en tomate se presentó con bajo nivel de riego comparado con planta bien regada. Por otro lado Pilatti (1997),

Tabla 5. Cantidad de tomate con pudrición apical (kg m⁻²) en la evaluación de tres tratamientos de riego bajo condiciones de invernadero.

Volumen de agua aplicada (Mm ³)	Pudrición parcial (kg m ⁻²)
8.5	0.9 a
13.0	0.8 a
17.4	1.1 a

C.V. 19.5%

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 5%).

Kitano y col. (1999) y Saure (2001), mencionan que la pudrición apical se debe a deficiencias de calcio debido a bajos niveles de absorción y/o dificultad en el movimiento del mismo dentro de la planta ocasionada principalmente por la baja transpiración del cultivo.

Por otra parte, la pudrición apical se empezó a presentar a partir del 17 de abril, fecha a partir de la cual la temperatura dentro del invernadero se incrementó notablemente y es probable que este calentamiento causó que la planta redujera su tasa de transpiración al cerrar los estomas para evitar la deshidratación de las células de la hoja y en consecuencia reducir el movimiento de calcio hacia los frutos, incrementándose el problema a medida que avanza el ciclo del cultivo.

Los resultados obtenidos muestran que el tratamiento de menor cantidad de agua aplicada en el presente trabajo, es adecuado para la producción en suelo (textura franco-arenosa) de este cultivo bajo condiciones de invernadero en la región.

- mate bajo condiciones de invernadero en el Noroeste de Sonora. *Biotecnia* 8:3-11.
- Grijalva, C.R., Macías D.R. y Robles C.F. 2009. Híbridos de tomate para la producción en invernadero en el Noroeste de Sonora. (Folleto Científico No. 1). SAGARPA-INIFAP-CIRNO-CECH. 34p.
- Gil, V.I. y Miranda V.I. 2000. Producción de tomate rojo en hidroponía bajo invernadero. Manual de manejo. Serie de publicaciones AGRIBOT. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 63p.
- Kitano, M., Araki T., Yoshida S., and Eguchi T. 1999. Dependence of calcium uptake on water absorption and respiration in roots of tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Biotronics*. 28:121-130.
- Pilatti, R.A. 1997. Cultivos bajo invernadero Tomate, Pimiento, Frutilla y Apio. Centro de publicaciones Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina.
- Saure, M.C. 2001. Review: Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) A calcium or a stress related disorder. *Sci. Hort.* 90:193-208.