

Evaluación de densidades y arreglos de plantación en tomate bola en condiciones de invernadero en el Noroeste de Sonora

Raúl Leonel Grijalva Contreras¹
Rubén Macías Duarte²
Saúl Abner Grijalva Durón³
Fabián Robles Contreras⁴

RESUMEN

Se realizó una investigación para evaluar el efecto de la densidad y arreglo de plantación sobre la productividad y calidad del tomate bola bajo condiciones de invernadero. El experimento se realizó en el Campo Experimental del INIFAP en Caborca, Sonora durante el año 2005. Se evaluaron cuatro densidades (1.25, 1.89, 2.50 y 3.78 plantas m⁻²) con diferentes arreglos de plantación. La variedad que se utilizó fue Beatrice. El trasplante se realizó el 4 de octubre en suelo acolchado de una textura franco arenosa, conductividad eléctrica de 1.22 dS m⁻¹ y pH de 7.96. El periodo de producción comprendió del 28 de diciembre al 30 de mayo, realizándose un total de 30 cortes. Se obtuvo una respuesta positiva en el rendimiento al incrementar la densidad de plantación. El tratamiento que obtuvo el mejor rendimiento fue la densidad 3.78 plantas m⁻² sacando un tallo

por planta, el cual produjo 29.6 kg m⁻². El peso de fruto no fue afectado significativamente por los tratamientos y varió entre 149.5 a 154.9 g. Los tratamientos afectaron la altura de planta pero no el diámetro del tallo ni la aparición de desórdenes fisiológicos como frutos agrietados y pudrición apical.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum* Mill., rendimiento, calidad del fruto, desórdenes fisiológicos.

ABSTRACT

A study was carried out to evaluate the effect of the plant density and arrangements on the productivity and fruit quality of beef tomato under greenhouse conditions. The trial was conducted at INIFAP in the Experimental Station of Caborca, Sonora, Mexico in 2005. Four plant densities.

¹ Maestro en Ciencias. Investigador Titular en el INIFAP. Campo Experimental Costa de Hermosillo. Sitio Experimental Caborca. Correo electrónico: grijalva.raul@inifap.gob.mx

² Maestro en Ciencias. Investigador Titular en el INIFAP. Campo Experimental Costa de Hermosillo. Sitio Experimental Caborca. Correo electrónico: macias.ruben@inifap.gob.mx

³ Estudiante de la Universidad de Sonora. Departamento de Agricultura y Ganadería. Correo electrónico: saul.grijalva@hotmail.com

⁴ Maestro en Ciencias. Investigador Titular en el INIFAP. Campo Experimental Costa de Hermosillo. Sitio Experimental Caborca. Correo electrónico: robles.fabian@inifap.gob.mx

(1.25, 1.89, 2.50 and 3.78 plants m⁻²) with different planting arrangements were evaluated. The variety used was 'Beatrice'. Planting date was on October 4, 2005 on soil using plastic mulch, with sandy loam texture, electrical conductivity of 1.22 dS m⁻¹ and pH of 7.96. The harvest period occurred from December 28 to May 30 and a total of 30 harvests were done during this period. We obtained a positive response in yield by increasing planting density. The treatment had the best performance density was 3.78 plants m⁻² with one stem per plant, which produced 29.6 kg m⁻². The fruit weight was not significantly affected by the treatments and ranged from 149.5 to 154.9 g. The treatments affected the plant height but not stem diameter neither the occurrence of physiological disorders as fruit cracking and blossom end rot.

Key words: *Lycopersicon esculentum* Mill., yield, fruit quality, physiological disorders.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) por la demanda que tiene en el mercado local, nacional e internacional, es una de las hortalizas más rentables porque se usa en todas las cocinas del mundo. Sin embargo, la producción de tomate a campo abierto se hace cada vez más difícil, debido a condiciones ambientales adversas y a la incidencia de plagas y enfermedades que afectan la productividad de este cultivo.

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 has de invernadero para cubrir esa demanda. En el 2009 se estima una superficie de invernadero en México de alrededor 10,000 has de las cuales el 60% son de plástico, el 34% son casa sombra y un 4% son invernaderos de vidrio. Además, 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 (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 y Grijalva y col., 2009).

La manipulación de la densidad de planta permite optimizar la radiación interceptada, a fin de convertir la energía solar en biomasa, importante para utilizarse como una estrategia para incrementar el rendimiento (Papadopoulus y Pararajasingham, 1997 y Sánchez y col., 1999). Una mayor densidad de planta, aumenta la precocidad y reduce el ciclo biológico, pero los frutos producidos son de menor tamaño y calidad (Nuez, 1995), también permite optimizar los costos de producción (Davis y Estes, 1993). La densidad de plantación dependerá del desarrollo del cultivo, el cual estará influenciado principalmente por el cultivar elegido, sus características de crecimiento indeterminado

o determinado, poda y entutorado empleado, tipo y fertilidad de suelo, disposición y tipo de riego, y climatología del ciclo elegido.

Investigaciones sobre el efecto de la densidad de plantación en tomate en condiciones de invernadero señalan una respuesta positiva en el rendimiento a medida que se incrementa el número de planta por metro cuadrado (Cruz y col., 2003; Grasso y col., 2004 y Grijalva y col., 2004) pero con el inconveniente de reducir el tamaño del fruto (Cruz y col., 2003 y Grasso y col., 2004) y se acentúa conforme se incrementa el ciclo de producción (Grasso y col., 2004). Por otro lado, algunas variables como diámetro del fruto y altura de planta son afectadas con la densidad de plantación (Carrillo y col., 2003).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la densidad y arreglo de plantación sobre la productividad y calidad del fruto del tomate bola bajo condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó durante el año 2005 en el invernadero del Campo Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias en Caborca, Sonora, México, ubicado en el km 22 de la carretera Caborca-Desemboque, cuyas coordenadas son las si-

guientes: 30°42'55" Latitud Norte y 112°21'28" Longitud Oeste y una altitud de 200 m sobre el nivel del mar. La evaporación promedio registrada oscila de 2400 a 2700 mm. Temperatura media anual es de 22.0°C, siendo enero el mes más frío con 4.6°C y julio el mes con mayor temperatura con 40.2°C (INIFAP, 1985).

El invernadero tiene una superficie de 1 440 m² con cubierta de plástico de un espesor de 8 mils, con ventanas laterales operadas manualmente y ventanas zenitales automáticas que abren o cierran a una temperatura de 30°C y sin equipo de calefacción. La planta se trasplantó en el propio suelo el cual tiene una textura franco-arenosa, conductividad eléctrica de 1.22 dS m⁻¹ y pH de 7.96.

La descripción de los tratamientos evaluados se presenta en la Tabla I. El manejo agronómico dado al tomate fue el siguiente: la siembra se realizó el 6 de septiembre de 2005 en charolas de poliestireno de 120 cavidades y posteriormente se trasplantaron el 4 de octubre cuando las

plántulas presentaban de 4 a 5 hojas verdaderas y una altura de 25 cm. Las camas de siembra tenían 1.60 m de ancho y se les colocó acolchado de plástico de color gris. La variedad que se utilizó fue Beatrice. Las plantas fueron conducidas a uno o dos tallos según el tratamiento y sostenidas por

El tratamiento que obtuvo el mayor rendimiento fue el de colocar una planta cada 33 cm a doble hilera separada a 40 cm en tresbolillo dando una densidad de plantas y tallos de 3.78 m⁻² (T4) el cual produjo 29.6 kg m⁻², siendo estadísticamente diferente el resto de los tratamientos. Por otro lado, el hecho de colocar dos plantas juntas con la misma densidad de plantas y tallos (T5) reduce el rendimiento en 4.5 kg m⁻².

hilo rafia, el cual estaba sujetado por un alambre transversal a una altura de 3.10 m, semanalmente se quitaban los brotes axilares y se eliminaban las hojas inferiores conforme avanzaba la cosecha, con el criterio de dejar dos racimos descubiertos antes de la última hoja. El riego se aplicó en base a un criterio empírico cada dos días con un tiempo que varió entre dos y cuatro horas (5.0 a 10.0 L m⁻²) dependiendo de la etapa fenológica del cultivo, estimándose una lámina de agua durante el ciclo de 132 cm. La fertilización total recibida para el tomate fue 526N-315P-670K-83Ca-32Mg la cual se aplicó a través del riego cada dos días, de la fórmula total se incluyeron 150 unidades de nitrógeno, 150 de fósforo y 150 de potasio aplicadas en presembrado; además fue necesario realizar 11 aplicaciones foliares de quelatos de hierro, zinc y magnesio a las cuales se le agregaba dos nutrientes foliares (bayfolan y maxi grow). Estas aplicaciones se realizaron con un intervalo de 20 a 30 días. Las necesidades de fertilización en las etapas del cultivo fueron ajustadas de acuerdo a lo reportado por los análisis foliares. Para el mejoramiento del suelo se hicieron dos aplicaciones de humus 90 (ácidos húmicos 47.4%, ácidos fúlvicos 42.6% y potasio 9%) en dosis de 2.0 kg ha⁻¹. Para el control de mosquita blanca (*Bemisia sp*) se realizaron tres aplicaciones al suelo y cuatro al follaje de Thiamethoxan (62.5 g 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 4.03 g en 100 litros de agua. Para el control del minador de la hoja (*Liriomyza spp*) se realizaron dos aplicaciones de Abamectina (0.9 ml en 100 litros de agua). Para el control de enfer-

medades como *Botrytis cinerea* se realizaron tres aplicaciones foliares de Benomilo (350 g en 100 litros de agua), tres de Folpet (2.0 kg ha⁻¹) y dos de Captan (1.5 kg ha⁻¹) y dos de Oxidicloruro 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 litros de agua).

Las variables que se midieron fueron: 1). Rendimiento, el cual se determinó en forma acumulativa y expresado en kg m⁻² y en cajas ha⁻¹, en este último en cajas de exportación de 15 libras de peso y clasificada en siete tamaños de frutos (26, 28, 30,34, 42, 56 y 76), peso del fruto (g), altura de planta (m), diámetro del tronco (cm), fruto agrietado (%) y pudrición apical (%). La parcela experimental y útil en cada tratamiento fue de 20.0 m². Para el análisis estadístico se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Las medias fueron analizadas por la prueba de DMS al 5% de probabilidad.

En todos los tratamientos evaluados la primera cosecha se realizó a los 113 días después del trasplante y el periodo de producción comprendió del 28 de diciembre al 30 de mayo, realizándose un total de 30 cortes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento presentó diferencias significativas en las diferentes densidades y arreglos de plantación (Tabla II). Se obtuvo una tendencia positiva en el rendimiento al incrementar la densidad de plantación ya sea con mayor cantidad de plantas

Tabla 1. Descripción de los tratamientos de densidades y arreglos de plantación en tomate bajo condiciones de invernadero. INIFAP. Sitio Experimental Caborca.

Tratamientos	Arreglo de plantación	Densidad Tallos m ²	Densidad Plantas m ²
1	Una planta cada 50 cm a una hilera con doble tallo	1.25	2.50
2	Una planta cada 33 cm a una hilera con doble tallo	1.89	3.78
3	Una planta cada 50 cm a doble hilera en tresbolillo	2.50	2.50
4	Una planta cada 33 cm a doble hilera en tresbolillo	3.78	3.78
5	Dos plantas juntas cada 33 cm	3.78	3.78

o incrementando la cantidad de tallos por metro cuadrado. El tratamiento que obtuvo el mayor rendimiento fue el de colocar una planta cada 33 cm a doble hilera separada a 40 cm en tresbolillo dando una densidad de plantas y tallos de 3.78 m² (T4) el cual produjo 29.6 kg m², siendo estadísticamente diferente el resto de los tratamientos. Por otro lado, el hecho de colocar dos plantas juntas con la misma densidad de plantas y tallos (T5) reduce el rendimiento en 4.5 kg m², al mismo tiempo el utilizar la misma densidad de tallos pero con la mitad plantas (T2) el rendimiento se reduce en 6.9 kg m² con respecto al mejor tratamiento (T4). La disminución en el rendimiento al colocar dos plantas juntas podría explicarse por una mayor competencia en el desarrollo del sistema radicular de la planta y con ello provocar menor capacidad de la raíces para la absorción de agua y nutrientes. Por otro lado, los menores rendimientos

se obtuvieron con las densidades de 2.50 y 1.25 plantas m² (T3 y T1) con 17.1 y 19.7 kg m², respectivamente pero sin diferencia estadística entre ellos. En este caso, el hecho de obtener dos tallos por planta con la mitad de la densidad incrementó el rendimiento en 2.6 kg m². La justificación de sacar dos tallos por planta se aplica plenamente cuando el costo de la plántula es alto, como es el caso de plantas injertadas. Los rendimientos obtenidos en los diferentes tratamientos fueron similares a los obtenidos por Grijalva y col., (2004); Grijalva y col., (2006) y Grijalva y col., (2009) bajo condiciones similares de manejo, diferente densidad y otras variedades. La respuesta lineal en el rendimiento al incrementar la densidad de planta concuerda a lo encontrado por Cruz y col., (2003); Grasso y col., (2004) y Grijalva y col., (2004).

Tabla 2. Rendimiento y peso de fruto en densidades y arreglos de plantación en tomate bajo condiciones de invernadero. INIFAP. Sitio Experimental Caborca.

Tratamientos	Rendimiento (kg m ⁻²)	Peso del fruto (g)
1	19.7 cdz	149.9 a
2	22.7 bc	149.5 a
3	17.1 d	153.1 a
4	29.6 a	150.6 a
5	25.1 b	154.9 a

^aMedias con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS 0.05).

Tabla 3. Distribución del rendimiento por caja (15 libras) de acuerdo a diferentes tamaños del fruto en la evaluación de densidades y arreglos de plantación en tomate bola bajo condiciones de invernadero. Sitio Experimental Caborca.

Rendimiento (cajas ha⁻¹) por tamaño del fruto

Tratamientos	76	56	42	34	30	28	26	Total
1	4894 az	6234 bc	7602 bc	5711 a	2658 a	1481 a	348 a	28928 cd
2	5100 a	8821 ab	8790 b	6174 a	3180 a	996 a	272 a	33333 bc
3	3659 a	5312 c	6385 c	4498 a	3252 a	1313 a	691 a	25110 d
4	5065 a	10041 a	11672 a	9955 a	5345 a	1222 a	165 a	43465 a
5	5268 a	8113 abc	9208 b	9851 a	3048 a	787 a	454 a	36729 b

^aMedias con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS 0.05).

El número del tamaño del fruto equivale a la cantidad de frutos por cajas de 15 libras.

El peso del fruto no fue afectado por las densidades evaluadas y varió de 149.5 a 154.9 g, lo cual concuerda por lo encontrado por Grijalva y col., (2004) quienes evaluaron tres densidades (1.89, 2.50 y 3.78 plantas m⁻²) y encontraron que el peso del fruto varió de 200 a 240 g y que el mayor peso del fruto se debió a la variedad utilizada que fue Matrix, la cual se caracteriza por tener fruto de mayor tamaño; sin embargo, otros investigadores

(Cruz y col., (2003) y Grasso y col., (2004) reportan reducción del tamaño del fruto a medida que se incrementa la densidad de plantación. Las diferencias encontradas entre autores obedecen en primer lugar a un rango mayor en las densidades evaluadas como el caso de Cruz y col., (2003) donde evaluó densidades de 2.6 a 5.3 plantas m⁻² y también a la diferencia en los ciclos y duración del periodo de producción (Grasso y col., 2004).

Al analizar el rendimiento por tamaño de fruto de acuerdo al criterio para la exportación, se observaron diferencias significativas solamente en los tamaños 56 y 42 los cuales mostraron los mayores rendimientos en la mayoría de tratamientos probados (Tabla III). En el tamaño 56, los tratamientos 4, 5 y 2 que correspondieron a la mayor cantidad de tallos por metro cuadrado tuvieron mayor cantidad de frutos chicos con 10041, 8821 y 8113 cajas ha⁻¹, respectivamente. Por otro lado, el T4 fue el que presentó la mayor cantidad de frutos tamaño 42 con 11672 cajas ha⁻¹, siendo estadísticamente diferente al resto de los tratamientos. En general, hubo pocas cajas de frutos grandes (26 y 28) debido a que la variedad utilizada (Beatrice) presenta frutos de menor tamaño en comparación a otras variedades.

En vigor de la planta se tuvieron diferencias significativas en la altura de la planta siendo el T4 donde se obtuvo la mayor altura con 5.80 m y la menor en el T1 con 5.08 m. Sin embargo, el grosor del tallo no fue afectado estadísticamente y varió entre 1.83 a 2.15 cm (Tabla IV). La mayor altura de planta en los tratamientos de mayor densidad coincide por lo reportado por Cruz y col., (2003). Las diferencias en la altura de planta por las densidades podrían explicarse en parte por efecto de competencia entre las plantas por luz solar.

La aparición de desórdenes fisiológicos en el fruto como el agrietamiento y la pudrición apical no fueron afectados significativamente por las densidades de plantación. El agrietamiento de frutos se presentó a partir de la tercera semana de abril y su valor osciló entre 12.4 y 25.2% entre los tra-

Tabla 4. Vigor de la planta en la evaluación de densidades y arreglos de plantación en tomate bajo condiciones de invernadero. INIFAP. Sitio Experimental Caborca.

Tratamientos	Altura de planta (m)	Grosor de tallo (cm)
1	5.08 dz	2.15 a
2	5.25 c	2.00 a
3	5.48 b	1.93 a
4	5.80 a	1.83 a
5	5.34 bc	1.90 a

^aMedias con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS 0.05).

tamientos, valores muy similares a los reportados por Grijalva y col., (2009) donde colocan a la variedad Beatrice, junto con Girona y Karina como las variedades más susceptibles a este desorden fisiológico. Este problema se produce por un incremento en la presión de turgencia en las células del fruto causado por un desequilibrio en los riegos y fertilización, bajada brusca de temperatura nocturna después de un periodo de calor (Nuez, 1995). Por otro lado, la presencia de frutos con pudrición apical fue insignificante, ya que su aparición fue menor a 0.5% en todos los tratamientos y de acuerdo a trabajos realizados por Grijalva y col., (2009) reportan a la variedad Beatrice como resistente a este problema. La pudrición apical se asocia a una deficiencia de calcio en el fruto y existe diferentes niveles de sensibilidad entre las variedades (Adams y Ho., 1993).

Tabla 5. Desórdenes fisiológicos en densidades y arreglos de plantación en tomate bajo condiciones de invernadero. INIFAP. Sitio Experimental Caborca.

Tratamientos	Frutos agrietados (%)	Pudrición apical (%)
1	19.5 a	0.3 a
2	13.7 a	0.2 a
3	25.2 a	0.2 a
4	13.1 a	0.4 a
5	12.4 a	0.3 a

²Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS 0.05).

CONCLUSIONES

Se obtuvo una respuesta positiva en el rendimiento a medida que se incrementó la densidad de plantación, sin afectar el peso del fruto.

El conducir a la planta de tomate bajo invernadero a dos tallos por planta permite reducir los costos de producción sin afectar significativamente el rendimiento.

Las densidades y arreglos de plantación afectaron la altura de planta pero no al diámetro del tallo ni a la incidencia de frutos agrietados y pudrición apical.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Fundación Produce Sonora A.C. por su apoyo económico para la rea-

lización de este proyecto y a los señores Javier González de la Riva y Bernabé Zavala Aragón por su valiosa y esmerada ayuda en la conducción de este experimento.

REFERENCIAS

- Adams, P. and Ho L. 1993. Effects of environment on the uptake and distribution of calcium in tomato and on the incidence of blossom-end rot. *Plant and Soil* 154:127-132.
- Carrillo, J.C., Jiménez F., Ruiz J., Díaz G., Sánchez P., Perales C. y Arellanes A. 2003. Evaluación de densidades de siembra en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Agronomía Mesoamericana* 14:85-88.
- Davis, J.M. and Estes E.A. 1993. Spacing and pruning affect growth, yield and economic returns of staked fresh-market tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118:719-725.
- González, N.J.F. 2009. La agricultura protegida. *Horticultivos*. Editorial Agro Síntesis S.A. de C.V. México, D.F. p.6.
- Grasso, R., Muguero A., Ferrato J., Mondino M.C. y Longo A. 2004. Efecto de la época y la densidad de plantación sobre la productividad del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo invernadero. *Revista FAVE-Ciencias Agrarias* 3: 7-11
- Grijalva, C.R., Macías D.R., Valenzuela R.M. and Robles C.F. 2004. Influence of plant density on yield and quality in tomatoes under greenhouse conditions in the Northwest on Mexico. *HortScience* 39:801-802 (Abstract).
- Grijalva, C.R., Macías D.R., Valenzuela R.M. and Robles C. F. 2004. Productivity and fruit quality in tomatoes varieties under greenhouse

- condition in the Northwest of Mexico. HortScience 39:804 (Abstract).
- Grijalva, C.R., Macías D.R. y Robles C.F. 2006. Productividad y calidad de variedades de tomate 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.
- INIFAP. 1985. Guía para la asistencia técnica agrícola. Área de influencia del Campo Experimental de la Región de Caborca, Sonora, México. p.10.
- Nuez, F. 1995. El cultivo del tomate. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. pp 190-219.
- Papadopoulos, A.P. and Pararajasingham S. 1997. The influence of plant spacing on light interception and use in greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). A review. Scientia Hort. 69:1-29.
- Sánchez, del C.F., Ortiz C.J., Mendoza C.M., González H.V.A. y Colinas L.M.T. 1999. Características morfológicas asociadas con un arquetipo de jitomate para un ambiente no restrictivo. Agrociencia 33:21-29.