

VARIEDADES DE PIMIENTO MORRÓN MANEJADAS CON DESPUNTE TEMPRANO EN DOS DENSIDADES DE POBLACIÓN

Rodolfo Clemente Reséndiz-Melgar¹; Esaú del Carmen Moreno-Pérez²;
Felipe Sánchez-Del Castillo²; Juan Enrique Rodríguez-Pérez²; Aureliano Peña-Lomelí².

¹ CBTA Núm. 76 km 115 Carretera México-Telixtlahuaca, Sta. Ma. Tecomavaca, Oaxaca
C. P. 68590. MÉXICO. Correo-e: clementemelgar@hotmail.com.

² Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo.
km 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.
Correo-e: fsanchezdelcastillo@yahoo.com.mx (^{*} Autor responsable).

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue comparar el crecimiento y rendimiento de 17 variedades de pimiento morrón (4Ever, Cadia, Conan, Cyrus, Diego, Gandal, Giacomo, Grandísimo, Itzel, Magi, Magno, Moonset, Oberon, Orion, Triple4, Triple Star y Valencia), con dos densidades de trasplante (cuatro y seis plantas·m⁻²) manejadas bajo un sistema de despunte de las yemas terminales por encima de la cuarta bifurcación. El experimento fue desarrollado en condiciones de invernadero y en sistema hidropónico. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas. En la parcela grande se ubicó la densidad de siembra y en la subparcela la variedad. El tiempo desde el trasplante hasta el fin de la cosecha fue de cuatro meses para este sistema de producción. Al aumentar la densidad disminuyó significativamente el peso seco total de la planta, el porcentaje de amarre de frutos, el número de frutos y el peso de frutos por planta, ocasionando que el rendimiento por unidad de superficie se mantuviera igual en ambas densidades. La variedad más sobresaliente en rendimiento, bajo el sistema de manejo utilizado fue Orion, siendo el peso de fruto por planta el componente del rendimiento más importante.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Capsicum annuum* L., poda, rendimiento, hidroponia.

BELL PEPPER VARIETIES WITH EARLY PRUNING OF TERMINAL BUDS UNDER TWO POPULATION DENSITIES

ABSTRACT

The objective of this study was to compare growth and yield of 17 bell pepper varieties (4Ever, Cadia, Conan, Cyrus, Diego, Gandal, Giacomo, Grandísimo, Itzel, Magi, Magno, Moonset, Oberon, Orion, Triple4, Triple Star and Valencia) under two population densities (four and six plants m⁻²) and managed with a cultivation system that involves pruning the terminal buds above the fourth bifurcation. The experiment was conducted in greenhouse under soilless culture. A randomized block design with split plot arrangement was used. The population densities were considered in the large plots and the varieties in the small plots. The total time from transplant to the end of harvest was less than four months. With higher population density, total dry weight, percentage of fruit set, fruit number and fruit weight per plant decreased significantly; in consequence, the yield per area was the same in both densities. Under the cultivation system used, Orion produced the highest yield; fruit weight per plant was the most important yield component.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Capsicum annuum* L., pruning, yield, soilless culture

INTRODUCCIÓN

En México la mayor parte de la producción de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) se destina a la exportación, tanto la que se genera a campo abierto como la de invernadero. Se siembran aproximadamente 5,800 hectáreas en todo el país, con rendimientos en campo que pueden llegar hasta 50 t·ha⁻¹·año⁻¹. La exportación hacia los

Estados Unidos de Norteamérica y Canadá ha venido en ascenso llegando a un máximo de 240,000 toneladas en 2006 (Castellanos y Borbón, 2009).

Los invernaderos para producción de pimiento morrón, por lo general son de alta tecnología y, en consecuencia de costo elevado, por lo que la inversión se justifica cuando el rendimiento por unidad de superficie y/o el pre-

cio del producto son altos. En general el pimiento cultivado en invernadero, por su calidad y sanidad, puede alcanzar un precio hasta cinco veces mayor que el proveniente de cielo abierto, sobre todo si se comercializa hasta que el fruto toma el color característico de la variedad (rojo, naranja, amarillo, crema, chocolate, morado) (Jovicich *et al.*, 2004b).

Las plantas de chile pimiento tienen crecimiento simpódico y en cada bifurcación se producen flores, generalmente solitarias. Si las plantas se dejan crecer libremente, las primeras seis a 12 flores amarran fruto, pero la alta demanda de asimilados para su rápido crecimiento ocasiona aborción de un alto porcentaje de flores generadas subsecuentemente. Una vez que estos frutos finalizan su crecimiento y son cosechados, la disponibilidad de asimilados aumenta y permite continuar el crecimiento vegetativo y eventualmente, el amarre y crecimiento de cuatro a ocho frutos más, que a su vez, ocasionarán el aborto de flores que se forman posteriormente. Entre la cosecha del primer y segundo flujo de frutos, puede haber un intervalo de dos meses (Marcelis *et al.*, 2004; Cruz *et al.*, 2009) lo que causa que en un ciclo de cultivo completo transcurran entre ocho a 10 meses después del trasplante, con rendimientos que oscilan entre 50 y 80 t·ha⁻¹ (Jurado y Nieto, 2003).

En México, la mayoría de invernaderos con pimiento, utilizan el sistema de cultivo desarrollado en Holanda. Éste consiste en conducir a la planta con dos tallos en forma de V, lo que se consigue con podar una de las ramas de cada bifurcación, dejando la flor formada en la horqueta. De esta manera en cada nudo de los dos tallos crece un fruto (dos frutos por cada "nivel"). Al limitar el número de frutos que crecen simultáneamente, este sistema puede modificar las relaciones fuente demanda, de tal forma que es posible lograr un crecimiento con producción continua que permite mantener el cultivo durante casi todo el año a una densidad de dos a tres plantas m⁻² (cuatro a seis tallos·m⁻²) con crecimiento de más de 2 m de altura (Jovicich *et al.*, 2004a). El sistema es delicado en su manejo, requiere de invernaderos con control ambiental preciso y aunque los rendimientos anuales pueden superar las 150 t·ha⁻¹, el costo de producción por kilogramo es elevado (Paschold y Zengerle, 2000).

En jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) se ha desarrollado y utilizado comercialmente un sistema de manejo en invernadero que consiste en detener el crecimiento de las plantas mediante la eliminación de los ápices en desarrollo (despunte) por encima de la primera, segunda o tercer inflorescencia (Ucan *et al.*, 2005). Con esta práctica se reduce el ciclo de cultivo (de trasplante a fin de cosecha), lo que permite lograr cuatro ciclos por año. La altura de planta se reduce a menos de un metro, y la menor área foliar por planta hace posible establecer una mayor densidad de población, de tal manera que el menor rendimiento por planta se compensa parcialmente por el mayor número de plantas por unidad de superficie, dando por resultado incrementos en la productividad anual,

comparado con los sistemas convencionales de producción de jitomate bajo invernadero (Sánchez *et al.*, 1999; Ucan *et al.*, 2005).

El despunte temprano en pimiento morrón, combinado con alta densidad de población puede efectuarse a menos de un metro de altura, una vez que se han formado las primeras tres o cuatro bifurcaciones para cosechar sólo el primer flujo de frutos; así es posible reducir el ciclo a cuatro meses o menos. De manera experimental, Cruz *et al.* (2005) y Cruz *et al.* (2009), han probado este sistema con el cultivar Ariane y señalan que potencialmente podría lograrse una productividad anual igual o mayor al sistema de poda holandesa, pero con tecnología más sencilla y con menores costos de producción.

El objetivo del presente estudio, fue evaluar el crecimiento y rendimiento de diferentes variedades de pimiento morrón sometidas a despunte por encima de la cuarta bifurcación bajo dos densidades de población, para seleccionar aquellas que presenten las mejores características de crecimiento y rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo de junio a diciembre de 2006, en un invernadero de 48 m de largo por 11 m de ancho y 4 m de alto, tipo túnel con paredes rectas y ventilación lateral, en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado en Chapingo, Estado de México, a 19° 29' de latitud norte, 98° 53' de longitud oeste y una altitud de 2,250 m.

La siembra de la semilla se realizó en charolas de poliestireno de 200 cavidades colocando una semilla por cavidad. Como sustrato se utilizó una mezcla de turba vegetal (*peat moss*) con perlita, en proporción de 1:1 (v:v). La solución nutritiva que se utilizó, desde una semana después de la emergencia hasta el final del ciclo, contenía los siguientes elementos y concentraciones (mg·litro⁻¹): Nitrógeno = 215, Fósforo = 60, Potasio = 202, Calcio = 235, Magnesio = 60, Azufre = 217, Hierro = 3.0, Boro = 0.6, Manganeso = 0.5, Cobre = 0.1 y Zinc = 0.1, resultando en una conductividad eléctrica menor a 2.5 dS/m y un pH entre 6 a 6.5, como lo sugieren Sánchez y Escalante (1988).

El trasplante se efectuó 50 días después de la siembra (dds), cuando las plántulas habían formado de dos a tres hojas y el ciclo de trasplante a fin de cosecha duró 110 a 120 días según la variedad. Se utilizó un sistema hidropónico abierto que consiste en camas de cultivo de 1.2 m de ancho, 23 m de largo y 0.3 m de alto rellenas con arena de tezontle rojo con la mayoría de sus partículas de 1 a 3 mm de diámetro. Se utilizó una cintilla de goteo (con emisores a cada 20 cm) por hilera de planta para proporcionar los riegos con solución nutritiva.

Las plantas se manejaron con el crecimiento de todos sus tallos hasta alcanzar la cuarta bifurcación; una hoja por encima de éstas se realizó la eliminación de los ápices

de crecimiento (despunte), labor que se efectuó entre los 53 y 60 días después del trasplante (ddt). El entutorado se efectuó con cordones de rafia sostenida sobre alambre sujetado en la estructura del propio invernadero a una altura de 2 m; cada rama de la primera bifurcación presentó su propia línea de tutor.

Las densidades estudiadas fueron 4 y 6 plantas·m⁻² de superficie de invernadero. El arreglo para la primera fue de dos hileras por cama con 65 cm entre hileras y 58 cm entre plantas, y para la segunda densidad fue de tres hileras con 32.5 cm entre hileras y 58 cm entre plantas.

Se utilizaron 17 variedades de pimiento morrón del tipo *blocky* (cuadrados); nueve de éstas tienen frutos de color rojo (4Ever, Conan, Cyrus, Gandal, Grandísimo, Itzel, Orion, Triple4 y Triple Star), seis de color amarillo (Cadia, Diego, Giacomo, Magi, Moonset y Oberon) y dos de color naranja (Magno y Valencia) a la madurez.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y 34 tratamientos. El arreglo fue en parcelas divididas; en la parcela grande se manejaron dos densidades de población y en la subparcela, las 17 variedades. La unidad experimental de la subparcela ocupó un área de 1.5 m² de superficie útil (2.1 m² de invernadero considerando los pasillos).

Los caracteres evaluados al inicio o final de la cosecha fueron:

- 1) Índice de área foliar (IAF), em (m² de área foliar·m⁻² de superficie de suelo). Se obtuvo dividiendo el área foliar por planta, medida con un integrador (LICOR 300 Lincoln, Nebraska) entre la superficie ocupada por cada planta, según su densidad (0.25 m² para cuatro plantas·m⁻² y 0.17 m² para seis plantas·m⁻²).
- 2) Altura de la planta (AP) en centímetros, considerada de la base del tallo al extremo distal.

CUADRO 1. Cuadros medios de los análisis de varianza para variables indicadoras de crecimiento, estudiadas en 17 variedades de pimiento morrón en dos densidades de población.

F.V.	G.L.	IAF (m ² ·m ⁻²)	AP (cm)	PST (g)	DT (cm)	PAF (%)
D	1	11.25 ^{NS}	1.88 ^{NS}	104015 ^{NS}	5.05 ^{NS}	580.1*
Bloques	3	1.00 ^{NS}	605.34 ^{NS}	3471.87 ^{NS}	0.95 ^{NS}	63.75 ^{NS}
Error a	3	2.49	180.24	7863.86	2.19	58.12
V	16	1.10**	339.93**	424438**	0.75**	93.1 ^{NS}
D x V	16	0.26 ^{NS}	28.24 ^{NS}	562.25 ^{NS}	0.21 ^{NS}	51.52 ^{NS}
Error b	96	0.17	27.91	926.79	0.3	58.67
CV		18.49	8.97	18.4	25.35	20.57
Media		2.23	58.92	165.61	2.16	37.23

F.V.: Fuentes de variación; G.L.: Grados de libertad; D: densidad; V: Variedad;

C.V.: Coeficiente de variación. IAF: Índice de área foliar; AP: altura de planta; PST: Peso seco total; DT: diámetro de tallo; PAF: Porcentaje de amarre de fruto.

^{NS}, *, **, no significativo y significativo a una P≤0.05 y 0.01, respectivamente.

- 3) Peso seco total por planta (PST) en gramos, para lo cual se colocaron las hojas, tallo y raíz de cada planta, en una estufa de secado a 70 °C durante 48 horas, hasta obtener el peso constante. A esto se le sumó el peso seco de todos los frutos producidos por planta, obtenido con estimadores a partir del peso fresco. Los estimadores se obtuvieron con una calibración de diez frutos por variedad con regresiones lineales entre el peso seco y el peso fresco.
- 4) Diámetro del tallo (DT) en centímetros, medido a 3 cm de la base del tallo.
- 5) Porcentaje de Amarre de fruto (PAF), se dividió el número de frutos producidos entre el total de flores por planta, obteniéndose un porcentaje, los cuales para su análisis fueron transformados de acuerdo con Sokal y Rohlf (1995).
- 6) Peso promedio del fruto fresco (PMF) en gramos.
- 7) Rendimiento y sus componentes, por planta y por unidad de superficie: frutos·planta⁻¹ (NFP); kg·planta⁻¹(RP); kg·m⁻² (RM²) y frutos·m⁻² (NFM²).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza (Cuadros 1 y 2) indican que hubo diferencias significativas entre densidades para el porcentaje de amarre de frutos (PAF), el número de frutos por planta (NFP) y el rendimiento por planta (RP). Entre variedades se encontraron diferencias significativas para todas las variables estudiadas, excepto para PAF y RP. No hubo efectos significativos en ninguna de las variables para la interacción densidad x variedad, por lo que se estudian únicamente los efectos para cada factor principal.

Densidades

En los Cuadros 3 y 4 se muestra que al aumentar la densidad en 50 %, las variedades en promedio

CUADRO 2. Cuadrados medios de los análisis de varianza para variables del rendimiento, estudiadas en 17 variedades de pimiento morrón en dos densidades de población.

F.V.	G.L.	Variables del Rendimiento				
		PF (g)	NFP	RP (kg·planta ⁻¹)	RM ² (kg·m ⁻²)	NFM ² (frutos·m ⁻²)
D	1	1238.78 ^{NS}	72.46 [*]	5.4 [*]	13.80 ^{NS}	493.24 ^{NS}
Bloques	3	590.67 ^{NS}	11.75 ^{NS}	0.26 ^{NS}	7.67 ^{NS}	189.93 ^{NS}
Error a	3	227.13	4.86	0.37	10.29	80.73
V	16	8862.78 ^{**}	6.43 [*]	0.17	4.15 ^{**}	71.22 [*]
D x V	16	242.84 ^{NS}	1.14 ^{NS}	0.05 ^{NS}	1.29 ^{NS}	16.99 ^{NS}
Error b	96	341.48	3.43	0.10	2.17	33.91
CV		8.83	28.93	24.14	23.13	28.31
Media		209.22	6.4	1.31	6.37	20.57

F.V.: Fuentes de variación; D: densidad; V: Variedad; C.V.: Coeficiente de variación. V: Variedad; G.L.: Grados de libertad. PF: peso de fruto; NFP: número de frutos por planta; RP: rendimiento por planta; RM²: rendimiento por metro cuadrado; NFM²: número de frutos por metro cuadrado.

^{NS}, *, **: no significativo y significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01, respectivamente.

disminuyeron 55 g de PST; NFP en 1.46; PAF en 4.15 % y RP en 0.38 kg·m⁻², diferencias que fueron significativas. Para las demás variables estudiadas, entre ellas el RP y NFM², no hubo diferencias significativas.

En un estudio con pimiento en invernadero establecido a ocho y 14 plantas·m⁻² útil, Cruz *et al.* (2009), encontraron un rendimiento 50 % mayor con la densidad de población más alta. Una explicación de este resultado, fue por un índice de área foliar (IAF) relativamente alto que interceptó más radiación fotosintéticamente activa. El IAF óptimo para pimiento morrón se encuentra entre tres y cuatro, ya que se alcanzan los máximos valores en crecimiento, peso de

la planta y rendimiento. Dasgan y Abak (2003) reportaron valores altos de producción aun con un IAF mayor de ocho.

La ausencia de diferencias significativas entre densidades, para el rendimiento por unidad de superficie, se explica porque con la densidad más alta, aunque hubo más plantas por unidad de superficie, se tuvo significativamente menor número de frutos por planta (Cuadro 4), ocasionado probablemente por un menor porcentaje de amarre de frutos (Cuadro 3).

La disminución observada en el peso seco de la planta al aumentar la densidad (Cuadro 3), se ha observado en

CUADRO 3. Comparación de medias de las densidades cuatro y seis plantas·m⁻² para variables indicadoras de crecimiento, en 17 variedades de pimiento morrón.

Densidad (plantas·m ⁻²)	IAF	A (cm)	PST (g)	DT (cm)	PAF (%)
4	1.95 a ²	59.03 a	193.3 a	2.35a	39.31a
6	2.52 a	58.80 a	138.0 b	1.97a	35.16 b
DMS	0.86	7.33	48.4	0.39	4.14

²Valores con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. IAF: Índice de área foliar; AP: altura de planta; PST: Peso seco total; DT: diámetro de tallo; PAF: porcentaje de amarre de fruto.

DMS: diferencia mínima significativa.

CUADRO 4. Comparación de medias de las densidades cuatro y seis plantas m⁻² para variables del rendimiento, en 17 variedades de pimiento morrón.

Densidad (plantas·m ⁻²)	Variables del Rendimiento				
	PF (g)	NFP (frutos·planta ⁻¹)	RP (kg·planta ⁻¹)	RM ² (kg·m ⁻²)	NFM ² (frutos·m ⁻²)
4	212.24 a ²	7.13 a	1.51 a	6.06 a	18.66 a
6	206.20 a	5.67 b	1.12 b	6.70 a	22.47 a
DMS	8.23	1.19	0.33	1.75	4.90

²Valores con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. PF: peso de fruto; NFP: número de frutos por planta; RP: rendimiento por planta; RM²: rendimiento por metro cuadrado; NFM²: número de frutos por metro cuadrado.

DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

Variedad de pimiento morrón...

otros trabajos (Cruz *et al.*, 2005, Agarwal *et al.*, 2007), lo cual se ha explicado por competencia entre plantas por radiación y nutrientes. Como lo señala Cebula (1995), es probable la disminución en la intercepción de la radiación solar incidente por planta conforme aumenta la densidad de población. En el presente trabajo, aunque el IAF fue relativamente bajo, lo que favorecería una tasa de asimilación neta alta (Gardner *et al.*, 1990), datos de la Estación Meteorológica de la Universidad Autónoma Chapingo, indican que aproximadamente el 80 % de los días que duró el ciclo de cultivo fueron nublados o parcialmente nublados (datos no presentados), lo que sumado a la disminución de la radiación por efecto de la cubierta plástica del invernadero, causó una irradiancia limitada para la acumulación suficiente de materia seca en la planta, lo que seguramente ocasionó menor porcentaje de amarre de frutos, menor número de frutos y por lo tanto, disminución del rendimiento por planta, particularmente en las establecidas a mayor densidad (Cuadros 3 y 4).

Se sabe que existen situaciones de estrés que pueden provocar el aborto de flores y frutos en el cultivo del pimiento, como cambios de luz, temperatura, déficit de presión de vapor o competencia por asimilados y relaciones de dominancia entre frutos debido a efectos

hormonales; estos factores no necesariamente actúan por separado sino que pueden actuar conjuntamente y en poco tiempo provocar la disminución en el número de frutos (Marcelis *et al.*, 2004).

Con el despunte temprano, al limitar el número de frutos por planta y la demanda de órganos vegetativos en crecimiento, se esperaría una mejor distribución de asimilados entre ellos, como ocurre en tomate (Ucán *et al.*, 2005); sin embargo, en el presente estudio, esto no fue suficiente para evitar el aborto de flores y frutos, porque se logró un amarre de frutos por planta menor a 40 % (Cuadro 3). El porcentaje de amarre de frutos en este cultivo debe verse como un componente importante del rendimiento, ya que con la poda a la cuarta bifurcación, potencialmente podría duplicarse el número de frutos cosechados por planta respecto a los obtenidos en el presente estudio que fue de entre cinco y siete frutos/planta⁻¹ (Cuadro 4), aumentando el rendimiento. Aún así se obtuvo un mayor número de frutos por planta que los obtenidos por Cruz *et al.* (2009).

Variedades

Las pruebas de comparación de medias (Cuadros 5 y 6) muestran diferencias entre variedades para la mayoría de las características estudiadas, excepto para PAF, NFP y NFM², variables que están altamente correlacionadas

CUADRO 5. Comparación de medias de variedades de pimiento morrón para variables indicadoras de crecimiento estudiadas.

Variedades	IAF (m ² /m ²)	AP (cm)	PST (g)	DT (cm)	PAF (%)
4Ever	2.80 ab ²	59.29 bcd	181.2 abc	2.01 ab	35.52 a
Cadia	2.06 bcde	61.25 bc	175.8 abc	2.36 ab	40.99 a
Conan	2.02 bcde	58.34 bcde	149.9 abc	1.78 ab	39.54 a
Cyrus	2.24 bcd	71.11 a	174.3 abc	2.39 ab	40.46 a
Diego	2.55 abc	60.14 bc	198.7 abc	2.73 a	31.04 a
Gandal	1.72 de	49.31 e	149.6 abc	1.99 ab	41.28 a
Giacomo	2.44 abcd	65.1 ab	176.2 abc	2.43 ab	35.69 a
Grandisimo	2.27 abcd	74.31 a	163.9 abc	2.30 ab	32.84 a
Itzel	1.49 e	59.93 bcde	135.2 c	1.73 b	35.70 a
Magi	2.28 abcd	55.81 bcde	118.8 c	2.05 ab	33.7 a
Magno	1.81 de	53.63 cde	146.2 b	1.66 b	37.84 a
Moonset	2.25 bcd	59.16 bcd	165.3 abc	2.06 ab	40.88 a
Oberon	2.27 abcd	50.75 de	171.8 abc	2.12 ab	36.12 a
Orion	2.52 abcd	59.95 bcd	202.6 a	2.55 ab	32.95 a
Triple4	2.10 bcde	55.81 bcde	149.6 abc	2.03 ab	38.60 a
Triple Star	2.99 a	58.43 bcde	199.1 ab	2.52 ab	37.34 a
Valencia	2.07 cde	53.52 cde	156.9 abc	1.98 ab	42.44 a
DMSH	0.74	9.39	54.1	0.97	13.61

² Valores con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. IAF: Índice de área foliar; AP: altura de planta; PST: Peso seco total; DT: diámetro de tallo; PAF: porcentaje de amarre de fruto.

DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

CUADRO 6. Comparación de medias de variedades de pimiento morrón para las variables del rendimiento estudiadas.

Variedades	Variables del Rendimiento				
	PF (g)	NFP (frutos·planta ⁻¹)	RP (kg·planta ⁻¹)	RM ² (kg·m ⁻²)	NFM ² (frutos·m ⁻²)
4Ever	178.18 f ^z	7.25 a	1.32 ab	6.63 ab	23.25 a
Cadia	192.89 def	7.63 a	1.44 ab	7.01 ab	25.38 a
Conan	192.89 def	6.50 a	1.22 ab	5.85 ab	20.75 a
Cyrus	189.86 def	7.38 a	1.40 ab	6.77 ab	23.88 a
Diego	263.08 ab	5.50 a	1.47 ab	7.06 ab	17.75 a
Gandal	180.42 ef	6.75 a	1.26 ab	6.10 ab	20.00 a
Giacomo	219.75 cd	5.63 a	1.28 ab	6.23 ab	17.50 a
Grandísimo	259.76 ab	4.75 a	1.25 ab	6.04 ab	15.50 a
Itzel	233.49 bc	5.25 a	1.20 ab	5.82 ab	17.00 a
Magi	210.56 cde	5.50 a	1.01 b	4.77 b	20.25 a
Magno	187.06 def	6.13 a	1.10 ab	5.39 ab	17.38 a
Moonset	202.44 cdef	7.00 a	1.38 ab	6.58 ab	22.75 a
Oberon	192.53 def	6.75 a	1.40 ab	6.71 ab	21.75 a
Orion	289.09 a	5.50 a	1.58 a	7.61 a	17.75 a
Triple4	189.82 def	6.63 a	1.22 ab	5.92 ab	21.50 a
Triple Star	200.63 def	7.38 a	1.49 ab	7.34 ab	24.38 a
Valencia	178.18 ef	7.38 a	1.34 ab	6.52 ab	22.88 a
DMSH	32.83	3.29	0.57	2.62	10.35

^zValores con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. PF: peso de fruto; NFP: número de frutos por planta; RP: rendimiento por planta; RM²: rendimiento por metro cuadrado; NFM²: número de frutos por metro cuadrado.

DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

($r = 0.81$; $P \leq 0.01$), ya que el número de frutos por planta depende directamente del número de flores menos el número de frutos abortados. Estos resultados contrastan con otros trabajos como es el caso de variedades con diferente susceptibilidad a la caída de flores (Turner y Wien, 1994).

Entre las variedades se observaron diferencias para el IAF, donde Triple Star tuvo el mayor valor (2.99) siendo estadísticamente diferente al de otras nueve variedades, Itzel fue la que tuvo menor IAF (1.49) aunque fue estadísticamente igual a otras seis variedades.

En altura de planta (AP) Grandísimo y Cyrus fueron las de mayor altura (74 y 71 cm, respectivamente), difiriendo estadísticamente de casi todas las demás variedades con excepción de Giacomo.

Respecto al diámetro del tallo (DT) hubo poca variabilidad, pues sólo Diego fue estadísticamente superior a Itzel y Magno.

También en peso seco total (PST) la variabilidad fue poca, correspondiendo a Orion el mayor valor (202.6 g) que difirió significativamente de Magno, Itzel y Magi.

El peso medio del fruto (PMF) mostró amplia variabilidad entre variedades y los valores oscilaron entre 289 g en Orion hasta 178 g en Valencia y 4Ever. De cualquier forma, estos pesos son mayores a lo reportado en otros sistemas de producción (Zuñiga-Estrada *et al.* 2004; Cruz *et al.*, 2009).

En RP y RM² casi todos los genotipos tuvieron estadísticamente el mismo valor, sólo destaca Orion con 1.58 kg·planta⁻¹ (7.61 kg·m⁻²) que fue significativamente superior a Magui que rindió 1.01 kg·planta⁻¹ (menos de 5 kg·m⁻²).

Con el despunte temprano se logró que el periodo de trasplante a cosecha fuera de sólo cuatro meses, por lo que teniendo un control adecuado del clima del invernadero (aun considerando las limitaciones de irradiancia ocurridas), es posible obtener tres ciclos de cultivo por año, lo equivalente a obtener un rendimiento potencial anual de al menos 21 kg m⁻² de acuerdo a los resultados con las variedades analizadas, particularmente con Cadia, Diego, Orion y Triple Star que en valores absolutos, presentaron rendimientos de más de 7 kg·m⁻² en un ciclo. Este rendimiento es mayor a lo reportado por Cruz *et al.*

(2009) en un ciclo equivalente y similar a los máximos que se han reportado en la literatura para ciclos anuales con mayor tecnología (Bar-Tal *et al.*, 2000; Paschold y Zengerle 2000; Zuñiga-Estrada *et al.*, 2004).

CONCLUSIONES

En 17 variedades de pimiento morrón cultivadas en hidroponía, el aumento en la densidad de cuatro a seis plantas m⁻² de invernadero, no mostró incrementos en el rendimiento por unidad de superficie, ya que tuvo efectos negativos sobre el peso seco total, porcentaje de frutos amarrados y el número de frutos formados por planta.

En el sistema de manejo de despunte por encima de la cuarta bifurcación, la variedad Orión fue la más sobresaliente con base en su mayor acumulación de materia seca, peso de fruto y rendimiento.

LITERATURA CITADA

- AGARWAL, A.; GUPTA, S.; AHMED, Z. 2007. Influence of plant densities on productivity of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) under greenhouse in high altitude cold desert of Ladakh. *Acta Horticulturae* 756: 309-314.
- BAR-TAL, A.; KEINAN, M.; ALONI, B.; KARNI, L.; OSEROVITZ, Y.; GANTZ, S.; HAZAN, A.; ITACH, M.; TARTAKOVSKI, N.; AVIDAN, A.; POSALSKI, I. S. 2000. Relationships between blossom end rot and water availability and Ca fertilization in bell pepper fruit production. *Acta Horticulturae* 554: 97-103.
- CASTELLANOS, J. Z.; BORBÓN, C. M. 2009. Panorama de la Horticultura protegida en México, pp. 1-18. *In: Manual de Producción de Tomate en Invernadero*. CASTELLANOS, J. Z. (ed.). Intagri. Guanajuato, México.
- CEBULA, S. 1995. Optimization of plant and shoot spacing in greenhouse production of sweet pepper. *Acta Horticulturae* 412: 321-329.
- CRUZ, H. N.; ORTIZ, C. J.; SÁNCHEZ, C. F.; MENDOZA, C. M. C. 2005. Biomasa e índices fisiológicos en chile morrón cultivados en altas densidades. *Revista Fitotecnica Mexicana* 28: 287-293.
- CRUZ, H. N.; SÁNCHEZ, C. F.; ORTIZ, C. J.; MENDOZA, C. M. C. 2009. Altas densidades con despunte temprano en rendimiento y período de cosecha en chile pimiento. *Agricultura Técnica en México* 35: 70-77.
- DASGAN, H. I.; ABAK, K. 2003. Effects of plant density and number of shoots on yield and fruit characteristics of pepper grown in glasshouses. *Turkish Journal Agriculture Forestry* 27: 29-35.
- GARDNER, F. P.; BRENT, P. R.; MITCHELL, R. L. 1990. *Physiology of crop plants*. Second Edition. Iowa State University Press. AMES. USA. Pp. 98-208.
- JOVICICH, E.; CANTLIFFE, D. J.; STOFFELLA, P. J.; 2004a. Fruit yield and quality of greenhouse-grown bell pepper as influenced by density, container and trellis system. *HorTechnology* 14: 507-513.
- JOVICICH, E.; CANTLIFFE, D. J.; VANSICKLE, J. J. 2004b. U.S. imports of colored bell peppers and the opportunity for greenhouse production of peppers in Florida. *Acta Horticulturae* 659: 81-85.
- JURADO, R.; NIETO, N. M. 2003. El Cultivo de Pimiento bajo Invernadero, pp. 541-568. *In: Técnicas de Producción en Cultivos Protegidos*. CAMACHO, F. (ed.). Cajamar. Almería, España.
- MARCELIS, L. F. M.; HEUVELINK, E.; HOFMAN-EIJER, L. R. B.; BAKKER, J. D.; XUE, L. B. 2004. Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *Journal of Experimental Botany* 55: 2261-2268.
- PASCHOLD, P. J.; ZENGERLE, K. H. 2000. Sweet pepper production in a closed system in mound culture with special consideration to irrigation scheduling. *Acta Horticulturae* 554: 329-333.
- SÁNCHEZ, C. F.; ESCALANTE, R. E. 1988. *Hidroponía*. 3a ed. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 194 p.
- SÁNCHEZ, C. F.; ORTIZ, C. J.; MENDOZA, C. C.; GONZÁLEZ, H. V. A.; COLINAS, L. T. 1999. Características morfológicas asociadas con un arquetipo apto para un ambiente no restrictivo. *Agrociencia* 33: 21-29.
- SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. 1995. *Biometry*. 3d Edition. Freeman. New York, U.S.A. 887 p.
- TURNER, A. D.; WIEN, H. C. 1994. Dry matter assimilation and partitioning in pepper cultivars differing in susceptibility to stress-induced bud and flower abscission. *Annals of Botany* 73: 617-622.
- UCAN, C. I.; SÁNCHEZ, C. F.; CONTRERAS, M. E.; CORONA, S. T. 2005. Efecto de la densidad de población y raleo de frutos sobre el rendimiento y tamaño del fruto en tomate. *Revista Fitotecnica Mexicana*. 28: 33-38.
- ZUÑIGA-ESTRADA, L.; MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, J. J.; BACA-CASTILLO, G. A.; MARTÍNEZ-GARZA, A.; TIRADO-TORRES, J. L.; KOHASHI-SHIBATA, J. 2004. Producción de chile pimiento en dos sistemas de riego bajo condiciones hidropónicas. *Agrociencia* 38: 207-218.