

Evaluación de calidad y rendimiento de 12 genotipos de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica*

Quality and yield evaluation of 12 sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes grown under greenhouse conditions in Costa Rica*

Esteban Elizondo-Cabalceta¹, José Eladio Monge-Pérez²

Fecha de recepción: 28 de agosto de 2016

Fecha de aprobación: 17 de noviembre de 2016

Elizondo-Cabalceta, E; Monge-Pérez, J. Evaluación de calidad y rendimiento de 12 genotipos de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 30-2. Abril-Junio 2017. Pág 36-47.

DOI: 10.18845/tm.v30i2.3194

* Este trabajo forma parte de la tesis de licenciatura en Ingeniería Agronómica del primer autor, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

1 Costarricense, ingeniero agrónomo. Correo electrónico: estebanec5@gmail.com. Heredia, Costa Rica.

2 Costarricense, ingeniero agrónomo. Correo electrónico: melonescr@yahoo.com.mx, Apdo. 665-4050, Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno y Sede de Guanacaste, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.



Palabras clave

Capsicum annuum; chile dulce; calidad; rendimiento; genotipos; invernadero.

Resumen

Se evaluó la calidad y el rendimiento de 12 genotipos de chile dulce cultivados bajo condiciones de invernadero en Alajuela, Costa Rica. Se encontraron diferencias entre genotipos para los días a inicio de cosecha (74 – 91 días después de trasplante), número de frutos de primera calidad por planta (2,25 – 7,63), peso promedio del fruto de primera calidad (106,65 – 185,15 g), y rendimiento comercial (46,94 – 78,35 ton/ha) y total (57,80 – 88,82 ton/ha). Los genotipos Cortés, Jumbo y V-701 produjeron el mayor número de frutos de primera calidad (entre 6,88 y 7,63 frutos/planta) y el mayor rendimiento comercial (entre 70,96 y 78,35 ton/ha).

Keywords

Capsicum annuum; sweet pepper; quality; yield; genotypes; greenhouse.

Abstract

Quality and yield of 12 sweet pepper genotypes grown under greenhouse conditions in Alajuela, Costa Rica, were evaluated. Differences between genotypes were found for days to start of harvest (74 – 91 days after transplant), number of first quality fruits per plant (2,25 – 7,63), mean first-quality fruit weight (106,65 – 185,15 g), and commercial (46,94 – 78,35 ton/ha) and total yield (57,80 – 88,82 ton/ha). Cortés, Jumbo and V-701 were the genotypes that yielded the highest number of first-quality fruits (between 6,88 and 7,63 fruits/plant) and the highest commercial yield (between 70,96 and 78,35 ton/ha).

Introducción

El chile dulce (*Capsicum annuum* L.) es una especie que pertenece a la familia Solanaceae, y se ha convertido en un importante cultivo de invernadero en muchos países del mundo. Es una hortaliza rica en vitaminas, particularmente provitamina A, vitamina B, vitamina C, y minerales como calcio, fósforo, potasio y hierro [1].

En Costa Rica la mayoría de productores de chile dulce utilizan sistemas de producción a cielo abierto, alcanzando en 2006 un área de 285,8 ha [2]. La producción tiene dos destinos principales, el mercado nacional y el internacional; para el mercado nacional se producen mayoritariamente variedades con frutos de punta alargada (forma cónica) con una longitud entre 10 y 15 cm [3], y de un peso entre 150 y 350 g, de color rojo a la madurez, mientras que el mercado internacional demanda variedades con frutos de forma cuadrada o rectangular con una longitud entre 7 y 14 cm [4], de colores (principalmente rojo, amarillo y anaranjado) y de cuatro puntas [2]. Se utiliza principalmente la variedad Nathalie F-1, que es la más cultivada en Centroamérica; sin embargo, existen otros cultivares con posibilidades de competir en el mercado nacional en cuanto a características agronómicas y de rendimiento en otros sistemas de producción, como la modalidad de cultivo bajo invernadero.

La producción de hortalizas en invernadero satisface los compromisos de muchos mercados por medio de un giro en la tecnología, que posibilita enfrentar los rigores del cambio climático y sus efectos; gran cantidad de variables ambientales (temperatura, humedad relativa, lluvia,

luminosidad) y agronómicas (medio de cultivo, fertilizantes, riego, tutorado, podas, uso de sustratos, plagas y enfermedades) pueden controlarse con mayor certeza [5], [6], [7], [8].

La tecnología de producción en invernadero ha incrementado el rendimiento por unidad de superficie. Los rendimientos de chile dulce oscilan entre 8,2 y 42,9 ton/ha a campo abierto, y entre 30 y 150 ton/ha bajo ambiente protegido [2]. Por otra parte, otros autores afirman que el rendimiento de chile dulce en invernadero puede llegar a 80 ton/ha [9], y en otras investigaciones se ha indicado que en Florida, EEUU, la producción en invernadero varía entre 60 y 260 ton/ha, mientras que a campo abierto oscila entre 28,5 y 33,7 ton/ha [10].

En 2003, el 89 % de los invernaderos de Costa Rica estaban localizados en la Región Central (Occidental y Oriental); en ese año las principales hortalizas que se cultivaban bajo ambiente protegido eran chile dulce y tomate, las que ocupaban un 28% y 11% del área de los invernaderos del país, respectivamente [11]. En 2009, en Costa Rica existían 41 ha de chile y tomate cultivadas bajo ambiente protegido [8], [12].

La rentabilidad de un cultivo hortícola en invernadero depende en gran parte de la obtención de un alto rendimiento y calidad por unidad de área. En el caso del chile dulce, el peso del fruto (que está relacionado con el tamaño del mismo) es una variable muy importante pues determina la calidad y, por lo tanto, el precio del producto [13].

El objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad y el rendimiento de 12 genotipos de chile dulce cultivados bajo condiciones de invernadero en Alajuela, Costa Rica.

Materiales y métodos

La investigación se realizó de julio de 2010 a abril de 2011, en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM) de la Universidad de Costa Rica, situada a 10° 1' latitud Norte y 84° 16' longitud Oeste, en el distrito San José del cantón Central de la provincia de Alajuela, Costa Rica, a una altitud de 883 msnm, con un promedio de precipitación anual de 1940 mm distribuidos de mayo a noviembre, y un promedio anual de temperatura de 22 °C. El ensayo se llevó a cabo en un invernadero modelo XR de la marca Richel (Francia), tipo multicapilla, con techo plástico y ventilación cenital automática, y con un sistema de riego por goteo.

Los genotipos híbridos de chile dulce (*Capsicum annum* L.) utilizados en esta investigación se muestran en el cuadro 1; todos presentan frutos de forma cónica.

El almácigo se sembró el 7 de julio de 2010 en bandejas de germinación de 128 alvéolos; se utilizó 4,0 kg de sustrato compuesto por 50 % de fibra de coco molida y 50 % de abono orgánico marca Juan Viñas.

El trasplante se realizó 43 días después de la siembra, el 19 de agosto de 2010. Las plántulas se establecieron en sacos plásticos de 1 m de largo, 22 cm de ancho y 22 cm de altura, rellenos con sustrato inerte de fibra de coco molida. La distancia entre hileras fue de 1,54 m, y entre plantas de 0,25 m, para una densidad de siembra de 2,60 plantas/m². El cultivo se manejó mediante poda española, que consiste en dejar las plantas a libre crecimiento.

La cosecha se realizó del 1° de noviembre de 2010 al 14 de abril de 2011, con 20 cosechas efectuadas en forma semanal, recolectando todos los frutos con al menos un 50 % de madurez. Los frutos se clasificaron según los parámetros de calidad que se muestran en el cuadro 2.

Las variables evaluadas fueron:

1. Días a inicio de cosecha, en días después de trasplante (ddt): se determinó los días transcurridos desde el trasplante hasta que se cosechó el primer fruto con al menos un 50 % de madurez.

2. Número de frutos por planta: se determinó el número de frutos por categoría de calidad, realizando una sumatoria de los frutos obtenidos por parcela, y se dividió entre cuatro plantas.
3. Peso promedio del fruto (g): se determinó realizando una sumatoria del peso de la producción, y se dividió entre el número de frutos obtenidos por parcela. El peso se determinó con una balanza electrónica marca Ocony, modelo TH-I-EK, de 5000,0 ± 0,1 g de capacidad.
4. Rendimiento (ton/ha): se calculó a partir del peso total de la producción de cada parcela, el cual se dividió entre cuatro plantas y se multiplicó por la densidad de siembra, para obtener el rendimiento en toneladas por hectárea. El rendimiento comercial se calculó sumando la producción de las categorías de primera y segunda calidad, y el rendimiento total se obtuvo sumando la producción de las tres categorías de calidad.

Cuadro 1. Genotipos de chile dulce utilizados en la investigación, y su respectivo proveedor.

Genotipo	Proveedor
Cortés	Distribuidora Agro Comercial
FBM-1	Universidad de Costa Rica
FBM-2	Universidad de Costa Rica
FBM-3	Universidad de Costa Rica
FBM-7	Universidad de Costa Rica
FBM-11	Universidad de Costa Rica
FBM-12	Universidad de Costa Rica
Jumbo	Villaplants
Lamuyo Amarillo	Villaplants
Lamuyo Experimental	Villaplants
Tiquicia	Villaplants
V-701	Seracsa

Cuadro 2. Parámetros de calidad de chile dulce utilizados en la investigación.

Parámetro	Categoría de calidad		
	Primera	Segunda	Rechazo
Longitud del fruto	Igual o mayor a 12 cm	Entre 6 y 12 cm	Menor a 6 cm
Forma del fruto	Normal	Frutos “curvados”	Frutos muy deformes
Presencia de manchas, cicatrices, o quema de sol	Ninguna	Menores a 1 cm ²	Mayores a 1 cm ²
Estrías o grietas	Ninguna	Menores a 3 cm de largo	Mayores a 3 cm de largo

Se utilizó un diseño experimental irrestricto al azar con dos repeticiones por tratamiento. La unidad experimental estuvo constituida por dos sacos con cuatro plantas cada una, y la parcela útil se formó por las cuatro plantas ubicadas en la posición central de la unidad experimental. Los datos de cada variable (excepto los de días a inicio de cosecha) se sometieron a un análisis de varianza, y se utilizó la prueba de Duncan ($p \leq 0,05$) para confirmar o descartar diferencias significativas entre genotipos.

Resultados y discusión

Durante este ensayo, dentro del invernadero la temperatura diurna promedio varió entre 21,5 y 31,0 °C, con extremos máximos de 37,0 °C, y la temperatura nocturna promedio osciló entre 16,5 y 22,0 °C; la humedad relativa diurna promedio varió entre 32 y 94 %, con extremos mínimos de 20 %, y la humedad relativa nocturna promedio osciló entre 64 y 100 %.

Días a inicio de cosecha

En el cuadro 3 se presentan los resultados de los días a inicio de cosecha. Los genotipos V-701, Lamuyo Experimental, Tiquicia y Jumbo fueron más precoces que los demás.

Cuadro 3. Días a inicio de cosecha de los genotipos de chile dulce.

Genotipo	Días a inicio de cosecha (ddt)
FBM-11	91
FBM-3	91
FBM-7	83
FBM-1	83
FBM-2	83
FBM-12	83
Lamuyo Amarillo	83
Cortés	82
Jumbo	74
Lamuyo Experimental	74
Tiquicia	74
V-701	74

Los datos obtenidos para esta variable en la presente investigación se acercan a los encontrados por otros investigadores, quienes evaluaron 23 genotipos de chile dulce rectangular y hallaron un inicio de cosecha entre 58,0 y 77,3 ddt [14]. De igual forma, otros autores evaluaron siete genotipos de chile dulce rectangular y obtuvieron que la primera cosecha sucedió entre 75,00 y 75,75 ddt [15]. Además, en otra investigación se evaluaron 13 híbridos de chile dulce cuadrado, y se encontró que el inicio de cosecha sucedió entre los 91 y 111 ddt [16].

Sin embargo, en otras investigaciones el inicio de la producción ocurrió en forma más tardía. En Cundinamarca, Colombia, a una altitud de 2650 msnm, se evaluaron siete genotipos de

chile dulce cuadrado y seis de chile dulce cónico, y se encontró que el inicio de la cosecha sucedió para los genotipos tipo cuadrado entre 177 y 239 ddt, y para los chiles tipo cónico entre 185 y 213 ddt; en el genotipo cónico Nathalie sucedió a los 204 ddt [17]. De igual forma, en otro ensayo se evaluaron ocho cultivares de chile dulce en Alto Valle de Río Negro, al sur de Argentina, con una temperatura anual promedio entre 12 y 16 °C, y se encontró que el inicio de la cosecha se dio entre 124 y 128 ddt [18]. Probablemente estas diferencias con respecto a los resultados obtenidos en el presente ensayo se deben al efecto de factores ambientales, especialmente la temperatura, pues una mayor temperatura acelera el metabolismo de las plantas.

Número de frutos por planta

En el cuadro 4 se presentan los valores para la variable de número de frutos por planta.

Cuadro 4. Número de frutos por planta de los genotipos de chile dulce, según la categoría de calidad.

Genotipo	Número de frutos por planta, según categoría de calidad		
	Primera	Segunda	Rechazo
Cortés	7,63 a	14,38 cd	4,88 bc
Jumbo	7,00 ab	18,50 bc	4,00 c
V-701	6,88 abc	20,00 ab	6,50 abc
FBM-1	5,13 bcd	17,88 bc	9,50 a
Lamuyo Amarillo	5,00 bcd	10,75 d	5,50 abc
Lamuyo Experimental	5,00 bcd	24,25 a	9,25 ab
FBM-7	5,00 bcd	15,75 bcd	9,50 a
FBM-2	4,50 cde	20,88 ab	9,50 a
FBM-3	4,50 cde	21,00 ab	8,63 ab
FBM-12	4,50 cde	17,13 bc	9,63 a
Tiquicia	2,63 de	23,75 a	7,63 abc
FBM-11	2,25 e	15,88 bcd	9,00 ab

Nota: Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$), según la prueba de Duncan.

En el caso de los frutos de primera calidad, el mayor valor lo obtuvo el genotipo Cortés (7,63 frutos por planta); este resultado fue estadísticamente superior a los valores obtenidos por otros nueve genotipos, pero fue similar a la producción alcanzada por Jumbo y V-701. Los genotipos Tiquicia y FBM-11 obtuvieron los valores más bajos para esta variable. Se debe resaltar que para efectos comerciales esta es una variable muy importante, dado que el chile dulce se comercializa en Costa Rica por unidad, y no por peso. Además, los frutos de primera calidad se venden a un mayor precio que los de segunda calidad.

Para la categoría de segunda calidad, el genotipo Lamuyo Experimental obtuvo la mayor producción (24,25 frutos por planta), y este resultado fue significativamente superior con respecto a otros siete genotipos.

Con respecto al número de frutos de categoría de rechazo por planta, se observaron diferencias significativas entre el genotipo FBM-12 y los genotipos Cortés y Jumbo, siendo estos últimos los que mostraron la menor producción en dicha categoría de calidad, mientras que el FBM-12 produjo la mayor cantidad (9,63 frutos por planta). Una de las principales razones por las que

se puede presentar fruta de rechazo en chile dulce es por un nivel deficiente de humedad en el sustrato; el fruto es un órgano altamente demandante de agua y cuando se presenta un estrés hídrico, con frecuencia aparecen problemas como deformaciones, lesiones en la pared del fruto por deshidratación y pudrición apical [19].

Según diferentes investigadores, en chile dulce producido en invernadero, el número total de frutos por planta puede variar entre 3,7 y 74,2, aunque en la mayor parte de los casos la producción total es menor a 35 frutos por planta [20], [21], [22], [23], [13], [24], [16], [25], [26], [27]. Además, la producción comercial de chile dulce en invernadero puede oscilar entre 10,8 y 53,0 frutos por planta [20], [28], [24], [29], [30]. Los datos obtenidos en el presente ensayo para ambas variables se ubican dentro de dichos rangos. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que esta variable depende del tamaño de los frutos de cada genotipo, pues generalmente las variedades con frutos pequeños pueden producir una mayor cantidad de frutos por planta [23].

En un ensayo llevado a cabo en Costa Rica, se evaluó el genotipo de chile dulce FBM-9 (que, al igual que otros de los genotipos evaluados en el presente ensayo, fueron generados por la Universidad de Costa Rica), en el invernadero de la EEAFBM, a una densidad de 1,56 plantas/m², y se utilizaron los mismos parámetros de calidad que en la presente investigación, y se encontró una producción total de 29,4 frutos por planta, de los cuales 5,3 fueron de primera calidad, 12,0 de segunda calidad y 12,0 de rechazo [19]. Estos datos se acercan a los obtenidos en el presente ensayo para los frutos de primera calidad, pero son inferiores en el caso de los de segunda calidad, y superiores en los de rechazo.

La relativamente baja producción de frutos de primera calidad por planta que se obtuvo en el presente trabajo pudo deberse a las condiciones extremas de alta temperatura diurna y baja humedad relativa diurna que se presentaron en el invernadero, especialmente desde mediados de diciembre de 2010 hasta marzo de 2011, lo que afectó considerablemente la calidad de los frutos.

Peso promedio del fruto

En el cuadro 5 se presentan los valores del peso promedio del fruto. Para los frutos de primera calidad, no hubo diferencias estadísticas entre genotipos; el mayor valor lo presentó el Lamuyo Amarillo (185,15 g). Con respecto a la segunda calidad, también el Lamuyo Amarillo obtuvo el mayor peso promedio (132,15 g), y este resultado fue estadísticamente superior con respecto a todos los demás cultivares. En cuanto a los frutos de rechazo, no se presentaron diferencias significativas entre genotipos.

En chile dulce cultivado en invernadero, se tienen informes de que el peso promedio del fruto puede variar entre 61,1 y 323,0 g [20], [28], [21], [22], [23], [31], [32], [33], [24], [16], [25], [29], [26], [34], [35], [30], [36], [27]. Los resultados obtenidos para esta variable en el presente trabajo para los frutos de primera y de segunda calidad coinciden con dicho rango, pero para los frutos de rechazo fueron mayoritariamente inferiores al mismo.

En una evaluación realizada con el genotipo FBM-9 en el invernadero de la EEAFBM, se encontró un peso promedio del fruto de 114,8 g en la calidad de primera, 79,8 g en la calidad de segunda, y 50,3 en la calidad de rechazo [19]. Estos datos se acercan a los obtenidos en el presente trabajo para los frutos de primera calidad y rechazo, pero son inferiores en el caso de los de segunda calidad.

Rendimiento

En el cuadro 6 se presentan los resultados de rendimiento total y comercial. El genotipo con mayor rendimiento total fue el V-701 (88,82 ton/ha), el cual solamente mostró diferencias significativas con los genotipos FBM-7 y FBM-11.

Cuadro 5. Peso promedio del fruto de los genotipos de chile dulce, según la categoría de calidad.

Genotipo	Peso promedio del fruto (g), según categoría de calidad		
	Primera	Segunda	Rechazo
Lamuyo Amarillo	185,15 a	132,15 a	80,25 a
FBM-1	157,50 a	101,55 bcd	46,50 a
Cortés	152,10 a	109,65 bc	58,80 a
FBM-3	144,80 a	92,90 cde	46,60 a
FBM-12	138,35 a	98,25 cde	53,85 a
FBM-11	137,60 a	94,20 cde	46,65 a
V-701	135,10 a	104,40 bcd	62,00 a
FBM-7	125,90 a	81,20 e	48,90 a
Jumbo	121,65 a	116,70 b	54,20 a
Lamuyo Experimental	112,90 a	87,80 de	48,80 a
FBM-2	110,05 a	93,50 cde	48,35 a
Tiquicia	106,65 a	86,65 de	61,00 a

Nota: Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$), según la prueba de Duncan.

Cuadro 6. Rendimiento comercial y total de los genotipos de chile dulce.

Genotipo	Rendimiento (ton/ha)	
	Total	Comercial
V-701	88,82 a	78,35 a
Jumbo	83,47 ab	77,67 a
Cortés	78,29 abc	70,96 ab
Lamuyo Experimental	81,47 abc	69,75 abc
FBM-1	79,49 abc	67,89 abc
FBM-3	78,15 abc	67,64 abc
FBM-2	75,53 abc	63,81 abc
Lamuyo Amarillo	72,33 abc	61,20 abc
Tiquicia	72,53 abc	60,66 abc
FBM-12	73,11 abc	59,84 abc
FBM-7	62,03 bc	49,96 bc
FBM-11	57,80 c	46,94 c

Nota: Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$), según la prueba de Duncan.

Con respecto al rendimiento comercial, el genotipo V-701 también obtuvo el mayor valor (78,35 ton/ha), seguido de cerca por el Jumbo; se presentaron diferencias significativas entre dichos genotipos con respecto a los cultivares FBM-7 y FBM-11.

Según diversas investigaciones, el rendimiento total en chile dulce producido en invernadero puede variar entre 13,7 y 128,4 ton/ha [21], [22], [23], [37], [31], [18], [13], [38], [1], [33], [39], [24], [17], [16], [26], [34], [35], [40], [36], [27]. Los datos obtenidos en el presente ensayo para esta variable se ubican dentro de dicho rango.

Por otra parte, se ha informado que el rendimiento comercial en chile dulce cultivado en invernadero puede variar entre 10,28 y 171,8 ton/ha [28], [18], [41], [38], [1], [32], [24], [25], [29], [30], [27]. El rendimiento comercial obtenido en el presente ensayo (entre 46,94 y 78,35 ton/ha) se encuentra dentro de dicho rango.

En un ensayo realizado en Colombia, se evaluaron siete genotipos de chile dulce cuadrado y seis genotipos de chile dulce cónico a una densidad de 2,3 plantas/m², y se encontró que los genotipos tipo cuadrado tuvieron una productividad total entre 68 y 79 ton/ha, mientras que para los chiles tipo cónico fue de entre 31 y 48 ton/ha; el genotipo cónico Nathalie produjo 43 ton/ha [17]. Los resultados obtenidos en la presente investigación fueron bastante superiores a los hallados por dichos autores en el caso de los chiles cónicos.

En otro ensayo en Costa Rica, se evaluó el genotipo FBM-9 en el invernadero de la EEAFBM, a una densidad de 1,56 plantas/m², y se encontró un rendimiento comercial de 28,0 ton/ha [19], el cual es un resultado muy inferior al obtenido en el presente ensayo, posiblemente debido a la baja densidad de siembra utilizada en dicho trabajo.

Dos factores que afectaron considerablemente la producción comercial y total en el presente trabajo fueron la humedad relativa y la temperatura. La humedad relativa diurna promedio se mantuvo cerca del 40 % en los últimos tres meses de cosecha, pero lo ideal en chile dulce es que se mantenga entre 80 y 90 % en el día, y entre 60 y 70 % en la noche [42]. Con respecto a la temperatura diurna, que alcanzó valores máximos de hasta 37 °C, se ha informado que valores superiores a 30 – 35 °C provocan problemas con la polinización y cuajado de frutos en esta hortaliza [42].

Conclusiones y recomendaciones

Entre los genotipos de pimiento evaluados, los más precoces para iniciar producción fueron V-701, Lamuyo Experimental, Tiquicia y Jumbo.

El peso promedio de los frutos varió entre 106,65 y 185,15 g para la primera calidad; entre 86,65 y 132,15 g para la segunda calidad, y entre 61,00 y 80,25 g para la calidad de rechazo.

Los genotipos Cortés, Jumbo y V-701 produjeron el mayor número de frutos de primera calidad por planta (entre 6,88 y 7,63 frutos por planta), y también el mayor rendimiento comercial (entre 70,96 y 78,35 ton/ha), por lo que se considera que fueron los cultivares que presentaron la mejor adaptación a las condiciones de esta investigación.

Se recomienda realizar más evaluaciones de estos genotipos en otras condiciones (épocas de siembra, localidades, etc.), para tener un mejor panorama sobre el potencial productivo de los mismos. Asimismo, se recomienda aumentar el número de repeticiones en futuros ensayos.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento brindado por la Universidad de Florida y la Universidad de Costa Rica para la realización de este trabajo. Asimismo, agradecen la colaboración de Jendry Portilla, Cristina Arguedas, Jorge Díaz, Julio Vega y Carlos González en el trabajo de campo, y de Mario Monge en la revisión de la traducción del resumen al idioma inglés.

Referencias

- [1] M. M. Maboko, C. P. Du Plooy y S. Chiloane, «Effect of plant population, stem and flower pruning on hydroponically grown sweet pepper in a shadenet structure,» *African Journal of Agricultural Research*, vol. 7, n° 11, pp. 1742-1748, 2012.
- [2] U. Jiménez, H. Campos, J. Vicente, S. Marín, L. Barrantes y M. Carrillo, *Agrocadena regional; cultivo del chile dulce*, Grecia, Alajuela, Costa Rica: Dirección Regional Central Occidental, Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2007.
- [3] E. Elizondo-Cabalca y J. E. Monge-Pérez, «Caracterización morfológica de 12 genotipos de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) cultivados en invernadero en Costa Rica,» *Tecnología en Marcha*, vol. 29, n° 3, pp. 60-72, 2016.
- [4] E. Elizondo-Cabalca y J. E. Monge-Pérez, «Caracterización morfológica de 15 genotipos de pimiento (*Capsicum annuum*) cultivados bajo invernadero en Costa Rica,» *Intersedes*, vol. 18, n° 37, pp. 1-27, 2017.
- [5] S. Wittwer y N. Castilla, «Protected cultivation of horticulture crops worldwide,» *Hort Technology*, vol. 5, n° 1, pp. 6-22, 1995.
- [6] I. Gil-Vásquez, F. Sánchez y I. Miranda-Velásquez, *Producción de jitomate en hidroponía bajo invernadero*, Chapingo, México: Serie de Publicaciones Agribot, 2003.
- [7] N. Castilla, *Invernaderos de plástico; tecnología y manejo*, Madrid, España: Mundi-Prensa, 2005.
- [8] F. Marín, *Programa general de la agricultura protegida y sus aplicaciones en Costa Rica*, San José, Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2009.
- [9] L. Zúñiga, J. Martínez, G. Baca, A. Martínez, J. Tirado y J. Kohashi, «Producción de chile pimiento en dos sistemas de riego bajo condiciones hidropónicas,» *Agrociencia*, vol. 38, pp. 207-218, 2004.
- [10] E. Jovicich, J. J. VanSickle, D. J. Cantliffe y P. J. Stoffella, «Greenhouse-grown colored peppers: a profitable alternative for vegetable production in Florida?,» *Hort Technology*, vol. 15, n° 2, pp. 355-369, 2005.
- [11] F. Marín, «Situación general de la agricultura protegida en Costa Rica,» [En línea]. Available: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/pronap01-ambiente-protegido.pdf>. [Último acceso: 2016].
- [12] F. Marín, «Cuantificación y valoración de estructuras y procesos de producción agrícola bajo ambientes protegidos en Costa Rica; informe final Proyecto Fittacori F-02-08,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00290.pdf>. [Último acceso: 2016].
- [13] E. Jovicich, D. J. Cantliffe y G. J. Hochmuth, «Plant density and shoot pruning on yield and quality of a summer greenhouse sweet pepper crop in Northcentral Florida,» de *Proceedings 28th National Agricultural Plastics Congress*, Tallahassee, Florida, 1999.
- [14] V. K. Sharma, C. S. Semwal y S. P. Uniyal, «Genetic variability and character association analysis in bell pepper (*Capsicum annuum* L.),» *Journal of Horticulture and Forestry*, vol. 2, n° 3, pp. 58-65, 2010.
- [15] N. J. Montañó y H. D. C. Belisario, «Comportamiento agronómico de siete cultivares de pimentón (*Capsicum annuum* L.),» *Revista Científica UDO Agrícola*, vol. 12, n° 1, pp. 32-44, 2012.
- [16] E. C. Moreno, R. Mora, F. Sánchez y V. García-Pérez, «Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cultivados en hidroponía,» *Revista Chapingo Serie Horticultura*, vol. 17, n° Edición especial 2, pp. 5-18, 2011.
- [17] O. I. Monsalve, H. A. Casilimas y C. R. Bojacá, «Evaluación técnica y económica del pepino y el pimentón como alternativas al tomate bajo invernadero,» *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, vol. 5, n° 1, pp. 69-82, 2011.
- [18] N. Iglesias, F. Roma y C. Pasini, «Evaluación de la productividad de cultivares de pimiento (*Capsicum annuum*) en invernadero en el Alto Valle de Río Negro (temporada 2008/09),» [En línea]. Available: http://inta.gob.ar/documentos/evaluacion-de-la-productividad-de-cultivares-de-pimiento-capsicum-annuum-en-invernadero-en-el-alto-valle-de-rio-negro/at_multi_download/file/PimientoInvernadero08-09.pdf. [Último acceso: 2016].
- [19] G. Quesada, «Producción de chile dulce en invernadero bajo diferentes niveles de agotamiento en la humedad del sustrato,» *Agronomía Costarricense*, vol. 39, n° 1, pp. 25-36, 2015.
- [20] M. J. Aranguiz, «Efecto de tres sistemas de poda sobre el rendimiento, calidad y asimilados en dos cultivares de pimiento (*Capsicum annuum* var. *grossum* L.) producidos orgánicamente bajo invernadero,» *Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca, Talca, Chile*, 2002.

- [21] S. Cebula, «Optimization of plant and shoot spacing in greenhouse production of sweet pepper,» *Acta Horticulturae*, vol. 412, pp. 321-329, 1995.
- [22] N. Cruz-Huerta, F. Sánchez, J. Ortiz y M. C. Mendoza, «Altas densidades con despunte temprano en rendimiento y período de cosecha en chile pimienta,» *Agricultura Técnica en México*, vol. 35, n.º 1, pp. 70-77, 2009.
- [23] H. Y. Dasgan y K. Abak, «Effects of plant density and number of shoots on yield and fruit characteristics of peppers grown in glasshouses,» *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*, vol. 27, pp. 29-35, 2003.
- [24] J. E. Monge-Pérez, «Efecto de la poda y la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del pimienta cuadrado (*Capsicum annuum* L.) cultivado bajo invernadero en Costa Rica,» *Tecnología en Marcha*, vol. 29, n.º 2, pp. 125-136, 2016.
- [25] I. Paunero, «Evaluación de cultivares de pimienta 2006/07,» 2008. [En línea]. Available: http://inta.gob.ar/documentos/evaluacion-de-cultivares-de-pimienta-2006-07/at_multi_download/file/ip_0706.pdf. [Último acceso: 2016].
- [26] R. C. Reséndiz-Melgar, E. C. Moreno-Pérez, F. Sánchez-Del Castillo, J. E. Rodríguez-Pérez y A. Peña-Lomelí, «Variedades de pimienta morrón manejadas con despunte temprano en dos densidades de población,» *Revista Chapingo Serie Horticultura*, vol. 16, n.º 3, pp. 223-229, 2010.
- [27] M. A. Wahb-Allah, «Responses of some bell-pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars to salt stress under greenhouse conditions,» *Journal of Agricultural & Environmental Sciences of Damanhour University (Egipto)*, vol. 12, n.º 1, pp. 1-19, 2013.
- [28] J. Borosic, B. Benko, S. Fabek, B. Novak, N. Dobricevic y L. Bucan, «Agronomic traits of soilless grown bell pepper,» *Acta Horticulturae*, vol. 927, pp. 421-428, 2012.
- [29] L. Quipildor, «Evaluación de cultivares de pimienta en invernadero en Lules, Tucumán,» *Horizonte Agroalimentario*, vol. 2, n.º 3, pp. 18-19, 2001.
- [30] N. L. Shaw y D. J. Cantliffe, «Brightly colored pepper cultivars for greenhouse production in Florida,» *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, vol. 115, pp. 236-241, 2002.
- [31] R. L. Grijalva-Contreras, R. Macías-Duarte y F. Robles-Contreras, «Productividad y calidad de variedades y densidades de chile bell pepper bajo condiciones de invernadero en el Noroeste de Sonora,» *Biociencia*, vol. 10, n.º 3, pp. 3-10, 2008.
- [32] J. I. Macua, I. Lahoz, S. Calvillo y L. Orcaray, «Pimientos California y Lamuyo; variedades y colores campaña 2009,» *Navarra Agraria*, n.º Enero-Febrero, pp. 32-36, 2010.
- [33] A. M. A. Mahmoud y A. A. S. A. El-Eslamboly, «Production and evaluation of high yielding sweet pepper hybrids under greenhouse conditions,» *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, vol. 15, n.º 4, pp. 573-580, 2015.
- [34] R. Rotondo, M. C. Mondino, J. A. Ferratto, R. Grasso y A. Longo, «Efecto de la poda de conducción, raleo de frutos y densidad de plantación sobre la productividad del cultivo de pimienta (*Capsicum annuum* L.) bajo invernadero,» *Horticultura Argentina*, vol. 22, n.º 53, pp. 5-9, 2003.
- [35] S. Seifi, S. H. Nemati, M. Shoor y B. Abedi, «The effect of plant density and shoot pruning on growth and yield of two greenhouse bell pepper cultivars,» *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, vol. 3, n.º 11, pp. 77-83, 2012.
- [36] F. E. Vicente-Conesa, L. F. Condés-Rodríguez, M. J. Sáez-García y A. J. García-García, «Valoración de densidades y eliminación de tallos y frutos en cultivo de pimienta tipo California,» de *34 Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura*, Murcia, España, 2005.
- [37] R. L. Grijalva-Contreras, R. Macías-Duarte, F. Robles-Contreras y M. J. Valenzuela-Ruiz, «Productivity and fruit quality of bell pepper under greenhouse conditions in Northwest Mexico,» *Hort Science*, vol. 41, n.º 4, p. 1075, 2006.
- [38] P. Lorenzo y N. Castilla, «Bell pepper yield response to plant density and radiation in unheated plastic greenhouse,» *Acta Horticulturae*, vol. 412, pp. 330-334, 1995.
- [39] D. Maniutiu, R. Sima, A. S. Apahidean, M. Apahidean y D. Ficior, «The influence of plant density and shoot pruning on yield of bell pepper cultivated in plastic tunnel,» *Bulletin UASVM Horticulture*, vol. 67, n.º 1, pp. 259-263, 2010.
- [40] F. E. Vicente-Conesa y M. J. Sáez-García, «Comparación de poda a dos guías, a tres guías, aclareo de tallos y cultivo libre en cultivo integrado de pimienta en invernadero,» de *31 Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura*, Almagro, Ciudad Real, España, 2004.

- [41] E. Jovicich, D. J. Cantliffe y P. J. Stoffella, «Fruit yield and quality of greenhouse-grown bell pepper as influenced by density, container, and trellis system,» *Hort Technology*, vol. 14, n° 4, pp. 507-513, 2004.
- [42] I. C. Karapanos, S. Mahmood y C. Thanapoulos, «Fruit set in solanaceous vegetable crops as affected by floral and environmental factors,» *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, vol. 2, n° Special Issue 1, pp. 88-105, 2008.