

Evaluación de rendimiento y calidad de 15 genotipos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica*

Evaluation of yield and quality of 15 bell pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes grown under greenhouse conditions in Costa Rica

Esteban Elizondo-Cabalceta¹, José Eladio Monge-Pérez²

Fecha de recepción: 4 de diciembre de 2016
Fecha de aprobación: 18 de marzo de 2017

Elizondo-Cabalceta, E; Monge-Pérez, J. Evaluación de rendimiento y calidad de 15 genotipos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 30-4. Octubre-Diciembre 2017. Pág 3-14.

DOI: 10.18845/tm.v30i4.3407



* Este trabajo forma parte de la tesis de licenciatura en Ingeniería Agronómica del primer autor, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
1 Ingeniero agrónomo. Correo electrónico: estebanec5@gmail.com. Heredia, Costa Rica.
2 Ingeniero agrónomo. Correo electrónico: melonescr@yahoo.com.mx, Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno y Sede de Guanacaste, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

Palabras clave

Capsicum annuum; pimiento; rendimiento; calidad; invernadero; genotipos.

Resumen

Se evaluó el rendimiento y calidad de 15 genotipos de pimiento cultivados bajo condiciones de invernadero. Los datos muestran una amplia variabilidad entre los genotipos en cuanto a días a inicio de cosecha (74 – 83 días después de trasplante), número de frutos de primera calidad por planta (2,00 – 7,25), peso promedio del fruto de primera calidad (171,15 – 243,45 g), y rendimiento comercial (44,29 – 77,34 ton/ha) y total (55,13 – 90,45 ton/ha). Los genotipos que presentaron un mayor número de frutos de primera calidad por planta fueron XC-425, MACR-103-07 y Vikingo (7,25; 5,63; y 5,38, respectivamente). Los genotipos que produjeron el mayor rendimiento comercial fueron XC-425 y Vikingo (77,34 y 75,37 ton/ha, respectivamente).

Keywords

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

Abstract

Yield and quality of 15 bell pepper genotypes grown under greenhouse conditions, were evaluated. Data show a wide variability between genotypes with respect to days at the beginning of harvest (74 – 83 days after transplant), number of first quality fruits per plant (2,00 – 7,25), mean first quality fruit weight (171,15 – 243,45 g), and marketable (44,29 – 77,34 ton/ha) and total yield (55,13 – 90,45 ton/ha). XC-425, MACR-103-07 and Vikingo show the highest number of first quality fruits per plant (7,25; 5,63; and 5,38, respectively). XC-425 and Vikingo show the highest marketable yield (77,34 and 75,37 ton/ha, respectively).

Introducción

La horticultura protegida es una alternativa para los productores dado que permite satisfacer los compromisos de muchos mercados, pues posibilita enfrentar los rigores del cambio climático y sus efectos; diversas variables ambientales (temperatura, humedad relativa, lluvia, luminosidad) y agronómicas (sustratos, riego, tutorado, poda, fertilizantes, plagas, enfermedades) pueden controlarse con mayor certeza [1], [2], [3]. La tecnología de producción en invernadero ha aumentado el rendimiento de pimiento por unidad de área [4]; en este sentido, unos autores mencionan que la producción en invernadero puede llegar a 80 ton/ha [5], mientras que otros investigadores indican que el rendimiento bajo ambiente protegido oscila entre 30-150 ton/ha, mientras que a campo abierto varía entre 8-43 ton/ha [6].

En Costa Rica, el mercado nacional requiere principalmente un pimiento de forma cónica, con un peso entre 150 y 350 g, de color verde y rojo [7]. Para el mercado internacional, se demanda un pimiento de forma cuadrada o rectangular, de colores (principalmente rojo, amarillo y anaranjado), y de cuatro puntas [6]. En este país se cultiva principalmente el genotipo Nathalie F-1 (forma cónica); sin embargo, se cultiva también pimiento de forma cuadrada para el mercado interno, que se vende a un precio superior al que se obtiene con los tipos de pimiento cónico (J. E. Monge-Pérez, datos sin publicar), y el cual también se exporta a EEUU desde el año 2012 [8].

El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento y la calidad de 15 genotipos de pimiento (*Capsicum annuum* L.), con frutos de forma cuadrada y rectangular, 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, 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 marca Richel (Francia), tipo multicapilla, de plástico, con ventilación cenital automática.

Se evaluó 15 genotipos híbridos de pimiento (cuadro 1). El almácigo se sembró el 7 de julio del 2010. El trasplante se realizó el 19 de agosto de ese año, 43 días después de la siembra. Las plántulas se establecieron en sacos de 1 m de largo, 22 cm de ancho y 22 cm de altura, rellenos con sustrato inerte de fibra de coco molida. Se establecieron 12 hileras de 14 sacos cada una, con una longitud de 14 m cada hilera. La distancia entre hileras fue de 1,54 m, y la distancia entre plantas fue de 0,25 m, para una densidad de 25974 plantas/ha. El área total del ensayo fue de 258,72 m². El cultivo se manejó mediante poda española, que consistió en dejar las plantas a libre crecimiento.

Cuadro 1. Genotipos de pimiento utilizados en la investigación.

Genotipo	Proveedor	Color del fruto
Amarillo Americano	Villaplants	Amarillo
Estrella	Rauco S. A.	Rojo
MACR-101-07	Semillas Este Oeste	Rojo
MACR-102-07	Semillas Este Oeste	Rojo
MACR-103-07	Semillas Este Oeste	Rojo
MACR-104-07	Semillas Este Oeste	Amarillo
MACR-105-07	Semillas Este Oeste	Rojo
Magno	Resusa	Anaranjado
Oberon	Resusa	Amarillo
Rojo Americano	Villaplants	Rojo
Sweet Pepper Red	Semilla Agrícolas C. R.	Rojo
Vikingo	Sakata	Amarillo
XC-425	Seracsa	Rojo
XPPAD-169	Sakata	Rojo
XPPAD-286	Sakata	Rojo

Se trabajó con un sistema de riego por goteo para proporcionar a las plantas el agua y nutrientes. El método de aplicación fue mediante goteros con una descarga de 2,0 l/hora por planta. Se utilizó un dosificador (Dosatron) con una proporción de inyección de 1:64. La aplicación de las sales solubles se realizó los días lunes, miércoles y viernes a partir del primer día de trasplante.

La cosecha inició el 1º de noviembre de 2010 y finalizó el 14 de abril de 2011; se realizó un total de 20 cosechas en forma semanal, recolectando los frutos que mostraban al menos un 50 % de madurez.

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 estuvo constituida por las cuatro plantas ubicadas en la posición central de la misma.

Se determinó los días a inicio de cosecha, en días después del trasplante (ddt), registrando para cada uno de los genotipos la fecha desde el trasplante hasta que se cosechó el primer fruto con al menos un 50 % de madurez.

Los frutos cosechados se clasificaron de acuerdo a los parámetros de calidad descritos en el cuadro 2. Se registró el número de frutos de cada categoría de calidad, y los mismos se pesaron con una balanza electrónica marca Ocony, modelo TH-I-EK, de 5000,0 ± 0,1 g de capacidad.

Cuadro 2. Parámetros de calidad para pimientos con frutos de forma cuadrada y rectangular.

Parámetro	Categoría de calidad		
	Primera	Segunda	Rechazo
Longitud y ancho del fruto	Igual o mayor a 7,5 cm	Menor a 7,5 cm	Menor a 7,5 cm
Forma del fruto	Puntas bien definidas	Puntas deformes	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 determinó el número de frutos por planta para cada categoría de calidad, realizando una sumatoria de los frutos obtenidos en las 20 cosechas.

El peso promedio de los frutos se determinó realizando una sumatoria del peso en gramos de todos los frutos registrados durante las 20 cosechas, y luego se dividió entre el número de frutos totales; esta variable se determinó para cada categoría de calidad del fruto.

El rendimiento se calculó a partir del peso de los frutos cosechados y de la densidad de siembra, para cada categoría de calidad del fruto. El rendimiento comercial se calculó sumando el peso de la producción de las categorías de primera y segunda calidad; el rendimiento total se obtuvo sumando el peso obtenido para las tres categorías de calidad.

Las variables de rendimiento 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

En el cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos para los días a inicio de cosecha. Los dos genotipos con frutos de forma rectangular iniciaron la cosecha a los 83 ddt. Entre los pimientos con fruto de forma cuadrada, los genotipos MACR-103-07, Amarillo Americano, Oberon y Magno fueron más precoces (74 ddt) con respecto a los demás (83 ddt). Todos los frutos cosechados a los 74 ddt fueron de segunda calidad, y fue hasta los 83 ddt que se logró obtener frutos de primera calidad en todos los genotipos.

Cuadro 3. Días a inicio de cosecha para los 15 genotipos, según forma del fruto.

Forma del fruto	Genotipo	Días a inicio de cosecha (ddt)
Rectangular	Estrella	83
	XC-425	83
Cuadrado	MACR-101-07	83
	MACR-102-07	83
	Sweet Pepper Red	83
	MACR-104-07	83
	MACR-105-07	83
	XPPAD-286	83
	XPPAD-169	83
	Vikingo	83
	Rojo Americano	83
	Amarillo Americano	74
	Magno	74
	MACR-103-07	74
	Oberon	74

Varios investigadores, al evaluar siete genotipos de pimiento cuadrado en Colombia, a 2650 msnm, encontraron que el inicio de la cosecha sucedió entre 177-239 ddt [9]. En Argentina se evaluaron ocho cultivares de pimiento cuadrado y rectangular, y se encontró que la cosecha inició a los 96 ddt [10]. Otros autores, al evaluar 13 híbridos de pimiento cuadrado en invernadero en México, a 2240 msnm, encontraron que el inicio de cosecha sucedió entre los 91 y 118 ddt, y para el híbrido Magno esto sucedió a los 91 ddt [11]; sin embargo, en el presente trabajo dicho genotipo inició su cosecha a los 74 ddt, y todos los genotipos iniciaron su cosecha entre los 74 y 83 ddt. Probablemente estas diferencias con respecto a la edad del cultivo al inicio de la cosecha se deben principalmente a la mayor temperatura que se registra en la EEAFBM, en comparación a las condiciones en esos otros países.

En el cuadro 4 se presentan los datos para el número de frutos por planta, según la categoría de calidad. El genotipo XC-425 fue el más prolífico de todos, con 7,25 frutos/planta en la categoría de primera calidad, y con 12,63 frutos/planta en la categoría de segunda calidad.

Entre los genotipos con fruto de forma cuadrada, el genotipo MACR-103-07 obtuvo la mayor cantidad de frutos de primera calidad (5,63 frutos/planta), pero este resultado sólo fue

estadísticamente superior al alcanzado por el genotipo MACR-101-07; entre los genotipos con frutos de color amarillo, el que produjo la mayor cantidad de frutos de primera calidad fue Vikingo (5,38 frutos/planta), aunque no presentó diferencias estadísticamente significativas con respecto a los otros (MACR-104-07, Oberon, y Amarillo Americano). Este resultado obtenido con Vikingo para la producción de frutos de primera calidad está dentro del rango encontrado para este genotipo en otro ensayo realizado en Costa Rica (entre 3,56 y 6,31 frutos/planta) [12].

Cuadro 4. Número de frutos por planta, por categoría de calidad, para 15 genotipos de pimiento.

Genotipo	Número de frutos por planta, según categoría de calidad		
	Primera	Segunda	Rechazo
XC-425	7,25 a	12,63 a	6,63 a
MACR-103-07	5,63 ab	8,13 abc	3,38 a
Vikingo	5,38 ab	10,13 abc	4,50 a
MACR-105-07	4,50 b	11,25 abc	5,00 a
MACR-104-07	4,25 bc	11,50 ab	5,25 a
Magno	4,25 bc	8,75 abc	5,13 a
Oberon	4,25 bc	8,50 abc	5,50 a
XPPAD-169	4,25 bc	5,88 c	5,50 a
Sweet Pepper Red	4,13 bc	7,25 abc	4,75 a
MACR-102-07	3,88 bc	6,50 bc	4,88 a
Amarillo Americano	3,88 bc	9,63 abc	5,50 a
XPPAD-286	3,88 bc	6,13 bc	4,50 a
Rojo Americano	3,63 bc	8,13 abc	5,00 a
Estrella	3,38 bc	7,63 abc	4,25 a
MACR-101-07	2,00 c	8,50 abc	6,63 a

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

Para efectos comerciales, la cantidad de frutos de primera calidad es la variable más importante, dado que esta hortaliza se comercializa en Costa Rica por unidad, y no por peso. Además, los frutos de primera calidad se venden a un precio superior que los de segunda calidad (J. E. Monge-Pérez, datos sin publicar).

La producción de frutos de primera calidad pudo ser afectada por las condiciones extremas de alta temperatura durante el día y baja humedad relativa durante la noche, especialmente desde diciembre de 2010 hasta marzo de 2011 (época seca), lo que afectó la calidad de los frutos, y aumentó el número de frutos de las categorías de segunda calidad y de rechazo, debido a la alta incidencia de manchas por quema de sol y de cicatrices en el fruto.

No se presentaron diferencias significativas entre los genotipos para la variable número de frutos de categoría de rechazo por planta. Algunas de las fisiopatías encontradas en estos frutos fueron deformidad, daño por larvas, y pudrición en la cáscara. Una de las principales razones por las que se pueden presentar frutos de rechazo 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 [13].

Según diferentes investigadores, al utilizar una densidad de siembra entre 1,56 – 4,0 plantas/m², el número total de frutos de pimiento por planta puede variar entre 3,7 y 38,50, y el número de frutos comerciales por planta puede variar entre 9,67 y 53,0 [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [12], [22], [13], [23], [24], [25], [26], [27]. Los resultados obtenidos en el presente trabajo concuerdan con estos datos.

Unos investigadores, al evaluar 36 genotipos de pimiento, encontraron que el número de frutos comercializables por planta varió entre 10,8 para los genotipos de frutos grandes (diámetro > 64 mm), y 20,0 para los genotipos de frutos pequeños (diámetro ≤ 64 mm), lo que enfatiza la importancia del tamaño del fruto de cada variedad sobre la variable número de frutos por planta [25].

Otros autores obtuvieron una producción total para el genotipo Magno de 6,13 frutos/planta, y para el genotipo Oberon de 6,75 frutos/planta [24], mientras que en otra investigación se encontró que la producción total para el Magno, a una densidad de 6,0 plantas/m², fue de 8,8 frutos/planta [11]; en el presente trabajo se obtuvo una mayor producción total de frutos por planta para ambos genotipos.

En un ensayo en Costa Rica, al evaluar el pimiento Amarillo Americano en la EEAFFBM a una densidad de 1,56 plantas/m², se obtuvo un total de 15,5 frutos/planta (5,4 de primera calidad, 7,1 de segunda calidad y 3,2 de rechazo) [13]; en el presente trabajo se obtuvo un menor número de frutos de primera calidad por planta (3,88), probablemente debido a que se utilizó una mayor densidad de siembra.

En el cuadro 5 se presentan los valores del peso promedio del fruto, según la categoría de calidad. El mayor peso promedio del fruto de primera calidad lo obtuvo el genotipo Estrella (243,45 g), el cual se caracteriza por frutos con una longitud de 11,92 cm [27], lo cual se considera un valor alto en comparación a los demás genotipos. Por otra parte, el genotipo Amarillo Americano presentó el menor valor en dicha categoría (171,15 g), lo cual está asociado a que sus frutos presentan una longitud de 7,95 cm y un ancho de 7,67 cm, que son valores bajos en comparación a los demás genotipos evaluados [27]. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos para la primera calidad. Es importante destacar que, aunque el híbrido Estrella (fruto de forma rectangular) produjo los frutos de primera calidad de mayor peso, también fue uno de los genotipos que produjo la menor cantidad de frutos de dicha categoría de calidad (3,38 frutos/planta). Entre los genotipos con frutos de forma cuadrada, el mayor peso promedio del fruto de primera calidad lo obtuvo MACR-105-07 (239,70 g).

El genotipo Estrella obtuvo el mayor peso promedio del fruto de segunda calidad (188,35 g), y fue estadísticamente diferente de todos los demás genotipos, a excepción de XPPAD-169.

En pimientos con frutos de forma cuadrada y rectangular, se tienen informes de que el peso promedio del fruto puede variar entre 61,1 y 323,0 g [14], [15], [16], [17], [18], [27], [28], [29], [30], [12], [11], [22], [23], [24], [31], [32], [25], [33], [26]. Los resultados obtenidos en el presente trabajo coinciden con estos datos.

En un ensayo se obtuvo un peso promedio del fruto para el genotipo Magno de 187,06 g, y para Oberon de 192,53 g [24]; por el contrario, en el presente trabajo el Magno tuvo un peso promedio del fruto mayor que el obtenido por Oberon, para los frutos de primera calidad.

Cuadro 5. Peso promedio del fruto, por categoría de calidad, para 15 genotipos de pimiento.

Genotipo	Peso promedio del fruto (g), según categoría de calidad		
	Primera	Segunda	Rechazo
Estrella	243,45 a	188,35 a	100,80 ab
MACR-105-07	239,70 a	143,25 d	90,65 ab
XPPAD-169	232,80 a	181,20 ab	98,00 ab
Vikingo	227,75 a	168,70 bc	72,30 b
MACR-102-07	219,35 a	158,80 cd	87,40 ab
Sweet Pepper Red	219,10 a	164,60 bc	91,30 ab
MACR-103-07	208,55 a	165,50 bc	78,65 ab
Rojo Americano	207,95 a	165,25 bc	82,40 ab
Magno	204,10 a	154,05 cd	72,90 b
MACR-101-07	203,40 a	157,70 cd	92,90 ab
XPPAD-286	187,15 a	160,95 cd	111,65 a
MACR-104-07	187,00 a	132,35 d	87,45 ab
Oberon	185,00 a	156,05 cd	99,25 ab
XC-425	182,25 a	131,20 d	75,20 b
Amarillo Americano	171,15 a	150,85 cd	92,05 ab

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

Varios investigadores encontraron que el peso promedio del fruto para el genotipo Magno fue de 114,5 g [11], lo cual es muy bajo en comparación con lo obtenido en el presente ensayo (204,10 g y 154,05 g, para primera y segunda calidad, respectivamente); probablemente esto se produjo debido a la alta densidad de siembra utilizada por dichos autores (6,0 plantas/m²).

En una evaluación en Costa Rica con el pimiento Amarillo Americano en la EEAFCM, se encontró un peso promedio del fruto de 179,4 g en la calidad de primera, 146,5 g en la calidad de segunda, y 100,7 g en la calidad de rechazo [13]; estos valores fueron muy similares a los obtenidos en la presente investigación.

En el cuadro 6 se presentan los resultados de rendimiento comercial y total para cada uno de los genotipos evaluados.

El genotipo XC-425 obtuvo el mayor rendimiento total (90,45 ton/ha), el cual fue estadísticamente superior a todos los demás; Vikingo obtuvo el segundo mejor rendimiento total (83,65 ton/ha). Además, el genotipo XC-425 también obtuvo el mayor rendimiento comercial (77,34 ton/ha), aunque no fue significativamente diferente del resultado obtenido por otros nueve genotipos; dicho híbrido mostró el mayor número de frutos por planta de primera y segunda calidad, lo que explica estos buenos resultados. Entre los genotipos con frutos de forma cuadrada, Vikingo obtuvo el mayor rendimiento comercial (75,37 ton/ha); este resultado es ligeramente superior al obtenido para esta variable con este híbrido en otro ensayo en Costa Rica (entre 47,60 y 73,80 ton/ha) [12].

Cuadro 6. Rendimiento comercial y total para 15 genotipos de pimiento.

Genotipo	Rendimiento (ton/ha)	
	Comercial	Total
XC-425	77,34 a	90,45 a
Vikingo	75,37 ab	83,65 b
MACR-105-07	70,14 abc	80,98 bc
MACR-103-07	65,51 abcd	72,71 bcd
MACR-104-07	60,06 abcd	72,00 bcd
Estrella	58,70 abcd	69,79 bcd
Amarillo Americano	55,85 abcd	68,57 bcd
Oberon	55,01 abcd	69,23 bcd
Sweet Pepper Red	54,58 abcd	65,87 bcd
Rojo Americano	54,30 abcd	65,24 bcd
Magno	54,04 bcd	63,64 bcd
XPPAD-169	53,56 bcd	67,45 bcd
MACR-102-07	48,77 cd	60,15 bcd
MACR-101-07	45,55 d	61,39 bcd
XPPAD-286	44,29 d	55,13 d

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

Es muy probable que la producción haya sido afectada por la humedad relativa y la temperatura. La humedad relativa diurna se mantuvo cerca del 40 % en los últimos tres meses de cosecha (época seca), pero lo ideal es que se mantenga cercana al 60 %, como se presentó en los meses de agosto a diciembre 2010, para no causar aborto de flores y afectación del follaje [6]. Por otra parte, la temperatura óptima para lograr una buena fructificación en pimiento es de 22-28 °C durante el día, y de 16-18 °C durante la noche; a medida que las temperaturas se alejan de estos valores, el rendimiento disminuye [13]. Por lo tanto, la alta radiación típica en la EEAFBM (valor promedio cercano a 800 $\mu\text{M}/\text{m}^2\text{s}$), y temperaturas máximas de 33 a 35 °C, con picos de hasta 37 °C en el interior del invernadero, probablemente afectaron la producción de pimiento [13]. Otro factor que impidió la obtención de rendimientos mayores fue la forma de aplicar las sales nutritivas (tres veces por semana), pues lo mejor es aplicar solución nutritiva todos los días.

Según diversas investigaciones, el rendimiento total en pimiento al utilizar una densidad de siembra entre 1,56 – 4,0 plantas/ m^2 , puede variar entre 13,7 y 108,4 ton/ha [16], [17], [18], [27], [28], [10], [19], [34], [21], [35], [12], [9], [24], [31], [32], [36], [33], [26], [27]. Los resultados obtenidos en la presente investigación concuerdan con estos datos.

Por otra parte, varios investigadores han encontrado que el rendimiento comercial en pimiento, al utilizar una densidad de siembra entre 1,56 – 4,0 plantas/ m^2 , puede variar entre 10,28 y 171,8 ton/ha [15], [10], [37], [20], [34], [21], [29], [22], [23], [25], [26], [27], por lo que también los datos obtenidos en el presente trabajo son concordantes con lo informado en la literatura.

Varios investigadores obtuvieron un rendimiento total para el genotipo Magno de 53,9 ton/ha, y para Oberon de 67,1 ton/ha [24], y estos valores son similares a los resultados obtenidos en el presente trabajo para dichos genotipos (63,64 y 69,23 ton/ha, respectivamente). En otro ensayo

se encontró que el rendimiento total para el genotipo Magno fue de 57,49 ton/ha [11], lo que también se acerca a los datos obtenidos en la presente investigación.

En un ensayo en Costa Rica, se evaluó el pimiento Amarillo Americano en la EEAFBM, a una densidad de 1,56 plantas/m², y se encontró un rendimiento comercial de 31,5 ton/ha [13], mientras que en el presente trabajo el rendimiento comercial obtenido con ese genotipo fue mucho mayor (55,85 ton/ha); probablemente esta diferencia se debe a la mayor densidad de siembra utilizada en esta investigación.

Conclusiones y recomendaciones

La caracterización agronómica de genotipos de plantas es un proceso necesario para generar información relevante para los productores y fitomejoradores. Con estos datos, el productor puede tomar mejores decisiones con respecto a cuál genotipo sembrar, según el mercado al que se quiere dirigir la producción, el rendimiento esperado, y la calidad requerida.

Los datos generados en esta investigación deben tomarse como preliminares, por lo que se recomienda evaluar estos genotipos bajo otras condiciones ambientales, con el fin de tener un mejor criterio en cuanto al comportamiento productivo de los mismos. También se recomienda aumentar el número de repeticiones por genotipo en futuras investigaciones.

Las condiciones de alta temperatura durante el día, y de baja humedad relativa, probablemente incidieron en la calidad de los frutos, provocando un aumento en la cantidad de frutos de calidad de segunda y de rechazo, en relación a los de primera calidad.

Los genotipos que presentaron un mayor número de frutos de primera calidad por planta fueron XC-425, MACR-103-07 y Vikingo (7,25; 5,63; y 5,38, respectivamente). Los genotipos que produjeron el mayor rendimiento comercial fueron XC-425 y Vikingo (77,34 y 75,37 ton/ha, respectivamente). Por lo tanto, estos genotipos fueron los que presentaron el mejor comportamiento en las condiciones de esta investigación.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento recibido por parte de la Universidad de Florida, así como de 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] N. Castilla, Invernaderos de plástico; tecnología y manejo, España: Mundi-Prensa, 2005.
- [2] I. Gil Vásquez, F. Sánchez del Castillo y I. Miranda Velásquez, Producción de jitomate en hidroponía bajo invernadero, Chapingo, México: Serie Publicaciones Agribot, 2003.
- [3] F. Marín, «Programa general de la agricultura protegida y sus aplicaciones en Costa Rica,» Programa Nacional Sectorial de Producción Agrícola Bajo Ambientes Protegidos, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica, 2009.
- [4] E. Jovicich, J. J. VanSickle, D. J. Cantliffe and 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.
- [5] 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. 201-218, 2004.

- [6] U. Jiménez, H. Campos, J. Vicente, S. Marín, L. Barrantes y M. Carrillo, «Agrocadena regional: cultivo del chile dulce,» Dirección Regional Central Occidental, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Grecia, Alajuela, Costa Rica, 2007.
- [7] E. Elizondo Cabalceta 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.
- [8] L. Salas, «Chile dulce se exportó por primera vez a EE.UU.,» *CRHoy.com Noticias 24/7*, 23 Marzo 2012.
- [9] 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.
- [10] 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),» Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Alto Valle, Argentina, s.f..
- [11] 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.
- [12] J. E. Monge Pérez, «Efecto de la poda y la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del pimiento cuadrado (*Capsicum annuum* L.) cultivado bajo invernadero en Costa Rica,» *Tecnología en Marcha*, vol. 29, n° 2, pp. 125-136, 2016.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] J. Borosic, B. Benko, S. Fabek, B. Novak, N. Dobricevic and L. Bucan, «Agronomic traits of soilless grown bell pepper,» *Acta Horticulturae*, vol. 927, pp. 421-428, 2012.
- [16] S. Cebula, «Optimization of plant and shoot spacing in greenhouse production of sweet pepper,» *Acta Horticulturae*, vol. 412, pp. 321-329, 1995.
- [17] N. Cruz Huerta, F. Sánchez, J. Ortiz y M. C. Mendoza, «Altas densidades con despunte temprano en rendimiento y período de cosecha en chile pimiento,» *Agricultura Técnica en México*, vol. 35, n° 1, pp. 70-77, 2009.
- [18] H. Y. Dasgan and 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.
- [19] E. Jovicich, D. J. Cantliffe and 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, 19-22 May*, Tallahassee, Florida, EE.UU., 1999.
- [20] E. Jovicich, D. J. Cantliffe and 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.
- [21] M. M. Maboko, C. P. Du Plooy and 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.
- [22] I. Paunero, «Evaluación de cultivares de pimiento 2006/07,» *Serie Informe Frutihortícola (Argentina)*, n° 272, p. 21, 2008.
- [23] L. Quipildor, «Evaluación de cultivares de pimiento en invernadero en Lules, Tucumán,» *Horizonte Agroalimentario*, vol. 2, n° 3, pp. 18-19, 2001.
- [24] R. C. Reséndiz Melgar, E. C. Moreno Pérez, F. Sánchez Del Castillo, J. E. Rodríguez Pérez y A. Peña Lomelí, «Variedades de pimiento morrón manejadas con despunte temprano en dos densidades de población,» *Revista Chapingo Serie Horticultura*, vol. 16, n° 3, pp. 223-229, 2010.
- [25] N. L. Shaw and 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.
- [26] 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° 1, pp. 1-19, 2013.

- [27] E. Elizondo Cabalceta y J. E. Monge Pérez, «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, n° 2, pp. 36-47, 2017.
- [28] E. Elizondo Cabalceta 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.
- [29] R. L. Grijalva Contreras, R. Macías Duarte, F. Robles Contreras and M. J. Valenzuela Ruiz, «Productivity and fruit quality of bell pepper under greenhouse conditions in Northwest Mexico,» *Hort Science*, vol. 41, n° 4, p. 1075, 2006.
- [30] 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,» *Biotechnia*, vol. 10, n° 3, pp. 3-10, 2008.
- [31] J. I. Macua, I. Lahoz, S. Calvillo y L. Orcaray, «Pimientos California y Lamuyo; variedades y colores campaña 2009,» *Navarra Agraria*, n° Enero-Febrero, pp. 32-36, 2010.
- [32] A. M. A. Mahmoud and 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° 4, pp. 573-580, 2015.
- [33] 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 pimiento (*Capsicum annuum* L.), bajo invernadero,» *Horticultura Argentina*, vol. 22, n° 53, pp. 5-9, 2003.
- [34] S. Seifi, S. H. Nemati, M. Shoor and 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° 11, pp. 77-83, 2012.
- [35] 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 pimiento tipo California,» de *34 Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura, Murcia, 2004*, Murcia, España, 2005.
- [36] P. Lorenzo and N. Castilla, «Bell pepper yield response to plant density and radiation in unheated plastic greenhouse,» *Acta Horticulturae*, vol. 412, pp. 330-334, 1995.
- [37] D. Maniutiu, R. Sima, A. S. Apahidean, M. Apahidean and 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° 1, pp. 259-263, 2010.
- [38] 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 pimiento en invernadero,» de *31 Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura, 2001*, Almagro, Ciudad Real, España, 2004.
- [39] E. Jovicich, D. J. Cantliffe and P. J. Stoffella, «"Spanish" pepper trellis system and high plant density can increase fruit yield, fruit quality, and reduce labor in a hydroponic, passive-ventilated greenhouse,» *Acta Horticulturae*, vol. 614, pp. 255-262, 2003.