

Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad de los frutos de dos genotipos de berenjena (*Solanum melongena* L.) cultivados en invernadero en Costa Rica¹

Effect of planting density on yield and quality of fruits of two genotypes of eggplants (*Solanum melongena* L.) grown under greenhouse conditions in Costa Rica

Cristina Arguedas-García², José Eladio Monge-Pérez³

Fecha de recepción: 28 de febrero de 2017

Fecha de aprobación: 17 de mayo de 2017

Arguedas-García, C; Monge-Pérez, J. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad de los frutos de dos genotipos de berenjena (*Solanum melongena* L.) cultivados en invernadero en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 30-4. Octubre-Diciembre 2017. Pág 66-79.

DOI: 10.18845/tm.v30i4.3412

1 Este trabajo forma parte de la tesis de Licenciatura en Agronomía de la primera autora, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

2 Costarricense, ingeniera agrónoma. Correo electrónico: cris31oct@gmail.com. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

3 Costarricense, 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

Solanum melongena; berenjena; densidad de siembra; genotipos; invernadero; Costa Rica; rendimiento; calidad.

Resumen

Se evaluó el efecto de dos densidades de siembra (0,65 y 1,30 plantas/m²) sobre el rendimiento y calidad de dos genotipos de berenjena (JMX-1099 y JMX-292) cultivados en invernadero, en Alajuela, Costa Rica. El cultivo en una densidad de 0,65 plantas/m² produjo una cantidad total de frutos por planta mayor (22,75), pero menor por área (14,77 frutos/m²), que el cultivo en una densidad de 1,30 plantas/m² (17,92 frutos/planta y 23,27 frutos/m²). También produjo un rendimiento total por planta mayor (6,18 kg), pero un rendimiento por área menor (4,01 kg/m²), que el cultivo en una densidad de 1,30 plantas/m² (4,94 kg/planta y 6,42 kg/m²). El genotipo JMX-1099 produjo frutos con un peso promedio mayor (299,32 g) que el JMX-292 (249,47 g). El genotipo JMX-1099 favoreció una mayor producción comercial (15,04 frutos/m²) que el JMX-292 (11,28 frutos/m²). La densidad de siembra de 1,30 plantas/m² también favoreció una mayor producción comercial (16,09 frutos/m²) que la de 0,65 plantas/m² (10,23 frutos/m²). El tratamiento relacionado con la mayor producción comercial fue el genotipo JMX-1099 en una densidad de 1,30 plantas/m² (18,90 frutos/m² y 6,21 kg/m²).

Keywords

Solanum melongena; eggplant; planting density; genotypes; greenhouse; Costa Rica; yield; quality.

Abstract

The effect of two planting densities (0,65 and 1,30 plants/m²) on the yield and quality of two eggplant genotypes (JMX-1099 and JMX-292) grown under greenhouse conditions in Alajuela, Costa Rica, was evaluated. The lower density treatment (0,65 plants/m²) yielded a higher total quantity of fruits per plant (22,75) but a lower production per area (14,77 fruits/m²) compared to the higher-density treatment (17,92 fruits/plant and 23,27 fruits/m²). The JMX-1099 genotype yielded fruits with a higher mean weight (299,32 g) than JMX-292 (249,47 g). The lower planting density (0,65 plants/m²) produced a higher total yield per plant (6,18 kg) but a lower yield per area (4,01 kg/m²) than the higher-density treatment (4,94 kg/plant and 6,42 kg/m²). The JMX-1099 genotype produced a higher marketable yield (15,04 fruits/m²) than JMX-292 (11,28 fruits/m²), and the higher-density treatment produced again a higher marketable yield (16,09 fruits/m²) than the lower-density treatment (10,23 fruits/m²). The treatment with the highest marketable yield was genotype JMX-1099 at a planting density of 1,30 plants/m² (18,90 fruits/m² and 6,21 kg/m²).

Introducción

La berenjena (*Solanum melongena* L.) es una hortaliza que pertenece a la familia Solanaceae, y es muy apreciada en China, India, Japón, los países del Mediterráneo y los Estados Unidos. Sus frutos se caracterizan por su apariencia externa (forma, color y tamaño), e internamente, según su sabor y la presencia de semillas; poseen diversas formas (esféricas, cilíndricas, ovaladas, ovoides, piriformes, semilargas y largas) y colores (blancas, moradas, verdes, rayadas y negras) [1], [2], [3]. Es originaria de las zonas tropicales y subtropicales asiáticas. Hacia el año 1200 d. C. ya se cultivaba en Egipto, desde donde fue introducida a Europa, y a partir del

siglo XVII se empleó en la alimentación en ese continente, tras ser utilizada en medicina para combatir inflamaciones cutáneas y quemaduras [4].

La berenjena es una especie de frutos no climatéricos. Su crecimiento vegetativo óptimo se da con temperaturas entre 27 y 32 °C durante el día, y entre 21 y 27 °C durante la noche, aunque el crecimiento del fruto se favorece entre 22 y 26 °C [5].

En 2013 se reportó una producción mundial de 49 millones de toneladas de berenjena y un área total de 1,87 millones de hectáreas cultivadas de esta hortaliza; China e India fueron los principales productores [6]. En Costa Rica la berenjena se cultiva principalmente en el Valle Central. Según el Centro Nacional de Abastecimiento y Distribución de Alimentos (CENADA), en 2012 se comercializaron 131 toneladas de berenjena, provenientes principalmente de los cantones de Alfaro Ruiz, Escazú, San Ramón y Paraíso; este último fue el que reportó la mayor cantidad de fruto comercializado (94,6 %) [7].

El sistema de producción más utilizado es a campo abierto, pero en otros países el panorama es diferente, pues se han incorporado sistemas productivos de ambientes protegidos como una alternativa de producción limpia; por tanto, se considera importante la incorporación de este cultivo a la producción bajo ambientes protegidos, para generar una agricultura moderna, competitiva y más saludable [8].

Entre las ventajas que los sistemas de producción bajo ambiente protegido pueden ofrecer al cultivo de berenjena están el aumento en rendimiento y calidad del fruto, la posibilidad de extender áreas de producción y ciclos del cultivo, la reducción de daños ocasionados por plagas y enfermedades, el uso más razonado de agroquímicos y la mejor protección del cultivo ante los factores ambientales [8].

La berenjena es un cultivo de gran importancia en la alimentación, ya que sus frutos cuentan con solo 18 kcal por 100 g de producto, y poseen propiedades beneficiosas para la salud como laxantes, diuréticos, estimulantes de la secreción biliar, además de facilitar la digestión y reducir el índice de colesterol en la sangre [1], [9]. Los frutos son ricos en potasio, magnesio, hierro y calcio [10].

La densidad de siembra en berenjena puede variar en función de la variedad, la cantidad de tallos por planta, el ciclo del cultivo y el invernadero. Los marcos de plantación más usuales son 2,0 x 0,5 m (a cuatro tallos), 1,75 x 0,5 m (a tres o cuatro tallos), 1,5 x 0,75 m (a cuatro tallos), 1,5 x 0,5 m (a tres tallos) y 1,0 x 0,5 m (a dos tallos) [4].

Diversos estudios en berenjena han demostrado que existe correlación positiva entre el rendimiento y el número de frutos por planta, mientras que la correlación entre rendimiento y peso del fruto varía en función del tamaño; de esta manera, los cultivares de frutos pequeños pueden producir una mayor cantidad de estos por racimo floral, lo que favorece el rendimiento, mientras que en los de frutos grandes se presenta con frecuencia aborto natural de algunas flores lo cual favorece el rendimiento [11].

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y la calidad del fruto de dos genotipos de berenjena, cultivados en invernadero, en Alajuela, Costa Rica.

Materiales y métodos

El trabajo de investigación se desarrolló en la Estación Experimental Agrícola “Fabio Baudrit Moreno” (EEAFBM) de la Universidad de Costa Rica, ubicada en Barrio San José de Alajuela,

Costa Rica, a 883 msnm, en el periodo comprendido del 14 de agosto de 2013 al 20 de enero de 2014, y se utilizó el invernadero multicapilla del Programa de Hortalizas.

El cultivo se sembró en sacos plásticos de 18 cm de alto, 20 cm de ancho y 1 m de largo, rellenos con fibra de coco. El almácigo se realizó en bandejas plásticas de 128 celdas, de forma piramidal invertida. Se usó una mezcla de fibra de coco y abono orgánico, en proporción 2:1.

Se evaluaron los resultados al utilizar dos densidades de siembra (0,65 y 1,30 plantas/m²) y dos híbridos F-1 de berenjena (*Solanum melongena* L.), los genotipos JMX-1099 y JMX-292. La distancia entre hileras fue de 1,54 m, y entre plantas fue de 1,0 y 0,5 m, según el tratamiento (1 y 2 plantas por saco, respectivamente). Las características de los genotipos utilizados se presentan en el cuadro 1, a partir de un estudio reciente [12].

Se utilizó un sistema de poda a dos ejes, después de la bifurcación del tallo principal; estos ejes se trazaron por medio de hilos colocados en forma vertical; a lo largo del ensayo se efectuó la deshija debajo de la bifurcación. Se utilizó el sistema de fertirriego para suplir agua y nutrientes a las plantas.

Cuadro 1. Características de dos genotipos de berenjena.

Característica	Genotipos	
	JMX-1099	JMX-292
Identificación	JMX-1099	JMX-292
Color externo del fruto	Púrpura negro	Blanco
Presencia de espinas en el cáliz	Pocas o ninguna	Sí
Cantidad de semillas en el fruto	Muchas a ninguna	Muchas
Longitud del fruto	15 - 16 cm	13 - 14 cm

Para el genotipo JMX-1099, la cosecha inició a los 45 días después del trasplante (ddt), y se extendió por un periodo de 74 días, hasta los 119 ddt. Para el genotipo JMX-292, se inició a los 55 ddt, y se extendió por un periodo de 64 días, hasta los 119 ddt. En total, se tomaron datos de cosecha durante 11 semanas. En ambos cultivos, para determinar el momento adecuado de la cosecha, se observaron características propias del fruto, como coloración externa brillante, tamaño, y pedúnculo un poco deshidratado.

Las variables cuantitativas analizadas fueron peso promedio del fruto (g), número de frutos por planta y por metro cuadrado, y producción (kg) por planta y por metro cuadrado. Para la evaluación del peso de los frutos se utilizó una balanza electrónica marca Ocony, modelo TH-I-EK, de 5000,0 ± 0,1 g de capacidad. A partir del peso de los frutos, se obtuvieron los datos de rendimiento por planta, por metro cuadrado, y el peso promedio del fruto.

Con base en la información suministrada por dos cadenas de supermercados de Costa Rica [13] [14], se consideró como de calidad comercial los frutos que pesaban 200 g o más, y los que pesaban menos de 200 g se consideraron frutos de rechazo. También se clasificaron los frutos por rangos de peso, desde frutos con menos de 150 g hasta frutos de más de 449 g, con 50 g más en cada rango.

Se utilizó un arreglo factorial de los tratamientos, en un diseño de parcelas divididas, distribuido en tres bloques completos al azar (repeticiones). Cada bloque contó con dos parcelas grandes, que correspondieron a cada densidad, y cada parcela grande se subdividió en dos parcelas pequeñas, que correspondieron a cada genotipo. Cada unidad experimental contó con un total

de ocho plantas, de las cuales se evaluaron las seis plantas ubicadas en la posición central, que conformaban la parcela útil.

Se realizó un análisis de varianza en los datos de las variables evaluadas, y se utilizó la prueba de LSD Fisher con una significancia del 5 % para determinar diferencias entre tratamientos.

Resultados y discusión

Peso del fruto

En el cuadro 2 se presentan los datos de peso promedio del fruto. Se presentaron diferencias significativas entre genotipos, siendo el JMX-1099 el de frutos con mayor peso promedio total (299,32 g). No se obtuvieron diferencias significativas entre las densidades de siembra.

Cuadro 2. Peso promedio del fruto (g) de dos genotipos de berenjena, según la densidad de siembra.

Efecto	Tratamiento	Total	Categoría de calidad	
			Comercial	Rechazo
Genotipos	JMX-1099	299,32 b	330,01 a	169,46 b
	JMX-292	249,47 a	315,65 a	155,66 a
Densidad (plantas/m ²)	0,65 plantas/m ²	273,78 a	321,66 a	160,55 a
	1,30 plantas/m ²	275,01 a	324,00 a	164,58 a
Densidad (plantas/m ²) x genotipo	0,65 plantas/m ² x JMX-1099	302,50 c	ns	169,00 b
	1,30 plantas/m ² x JMX-1099	296,10 bc	ns	169,90 b
	0,65 plantas/m ² x JMX-292	245,10 a	ns	152,10 a
	1,30 plantas/m ² x JMX-292	253,90 ab	ns	159,20 ab

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

ns: No hay diferencias significativas.

En los frutos de calidad comercial, no se identificaron diferencias relacionadas con los genotipos ni con la densidad, pero sí se observaron diferencias significativas entre genotipos en los frutos de calidad de rechazo.

Los valores de peso promedio total del fruto obtenidos en el presente ensayo fueron similares a los informados por otros investigadores (entre 229,9 y 387,0 g) [15], [16], [17], [18], [19], [20], [10], [21], y fueron superiores a los reportados en otras tres investigaciones (entre 94,8 y 245,35 g) [22], [23], [24], pero inferiores a los reportados en dos más (entre 386,6 y 456,1 g) [25], [26]. Obviamente, esta variable depende mucho de cada genotipo evaluado, pues en esta especie hay mucha variabilidad en esta característica, desde frutos comerciales de miniberenjena entre 36,5 y 41,0 g [27] hasta berenjenas con frutos grandes de un peso entre 405,1 y 482,1 g, de calidad comercial [25].

En España se evaluó un genotipo de berenjena en invernadero y se obtuvieron frutos comerciales de peso promedio entre 341,86 y 393,11 g en primavera, y entre 333,26 y 355,35 g en otoño [28], lo que evidencia la importancia del efecto de las condiciones climáticas sobre esta variable.

En otro ensayo en España, se evaluaron 23 genotipos de berenjena a campo abierto, y se obtuvo como peso promedio del fruto entre 132 y 444 g [29]; los valores hallados en el presente ensayo se ubican dentro de dicho rango.

En una investigación se evaluaron los efectos de cuatro densidades de siembra (1,90; 2,22; 2,68, y 3,33 plantas/m²) en berenjena cultivada a campo abierto, y no se observó influencia de la densidad de siembra sobre el peso promedio de los frutos [19]. Otro investigador tampoco encontró diferencias significativas en el peso promedio del fruto entre tratamientos, en un cultivo de berenjena de tres genotipos, al evaluar los efectos de tres densidades de siembra (1,11; 1,18, y 1,25 plantas/m²) [30]. Esos informes coinciden con los resultados obtenidos en el presente ensayo.

En el cuadro 3 se presenta la distribución de la cosecha por rangos de peso de los frutos obtenidos en cada tratamiento; los mayores porcentajes se ubican entre los 150 y 399 g para el genotipo JMX-1099, y entre menos de 150 y 349 g para el genotipo JMX-292.

En el presente ensayo se consideraron como comerciales los frutos de 200 g o más de peso, pero en otros países el mercado acepta frutos con menor peso. Por ejemplo, en España se consideran de calidad comercial los frutos de berenjena con un peso desde 100 hasta 500 g [15], [16]. Por otra parte, otros investigadores, al evaluar nueve genotipos de berenjena a campo abierto, encontraron que el peso promedio de los frutos de primera calidad varió entre 181,8 y 385,8 g, y el de los de segunda calidad, entre 161,2 y 301,8 g [9].

Número de frutos por planta

En el cuadro 4 se presentan los datos del número de frutos por planta. Según algunos autores, esta variable es el componente de rendimiento de mayor importancia en el mejoramiento genético de la berenjena [11].

Cuadro 3. Distribución porcentual de la cosecha en rangos de peso del fruto de dos genotipos de berenjena, según la densidad de siembra.

Densidad (plantas/m ²) x genotipo	Rango de peso del fruto (g) (datos en porcentaje)							
	< 150	150-199	200-249	250-299	300-349	350-399	400-449	> 449
0,65 plantas/m ² x JMX-1099	3,4	15,2	17,3	15,5	19,4	13,7	6,8	8,7
1,30 plantas/m ² x JMX-1099	3,0	17,3	15,5	18,9	15,2	15,8	6,4	7,9
0,65 plantas/m ² x JMX-292	18,3	23,0	17,8	15,1	10,0	6,2	4,1	5,5
1,30 plantas/m ² x JMX-292	13,3	28,5	16,5	11,7	11,7	6,6	4,4	7,3

No se presentan diferencias significativas entre genotipos en la producción total de frutos por planta, pero al considerar las categorías de calidad, el genotipo JMX-1099 produce una mayor cantidad de frutos comerciales y una menor cantidad de frutos de rechazo que el JMX-292, debido a que este último presenta frutos de menor peso. Además, se presentan diferencias en la producción total según densidades de siembra, donde es mayor para la densidad de 0,65 plantas/m² (22,75 frutos/planta) que para la de 1,30 plantas/m² (17,92 frutos/planta). Lo mismo sucede con la producción comercial, donde la densidad de 0,65 plantas/m² se relaciona con un mayor rendimiento (15,75 frutos/planta) que el de la de 1,30 plantas/m² (12,39 frutos/planta).

Cuadro 4. Número de frutos por planta de dos genotipos de berenjena, según la densidad de siembra.

Efecto	Tratamiento	Total	Categoría de calidad	
			Comercial	Rechazo
Genotipos	JMX-1099	19,72 a	15,89 b	3,83 a
	JMX-292	20,95 a	12,25 a	8,69 b
Densidad (plantas/m ²)	0,65 plantas/m ²	22,75 b	15,75 b	7,00 a
	1,30 plantas/m ²	17,92 a	12,39 a	5,53 a
Densidad (plantas/m ²) x genotipo	0,65 plantas/m ² x JMX-1099	21,17 ab	17,22 b	3,94 a
	1,30 plantas/m ² x JMX-1099	18,28 ab	14,56 b	3,72 a
	0,65 plantas/m ² x JMX-292	24,34 b	14,28 b	10,05 b
	1,30 plantas/m ² x JMX-292	17,56 a	10,22 a	7,33 ab

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

En cuanto a la clasificación de los frutos por calidad, se observa que la mayoría de los frutos son de calidad comercial (81 % para el genotipo JMX-1099 y 58 % para el JMX-292).

Los resultados obtenidos para la variable número de frutos por planta en el presente ensayo son similares a los informados por otros investigadores en berenjena cultivada a campo abierto (entre 9,5 y 27,0 frutos/planta) [9], [19], pero son superiores a los reportados por otros investigadores en berenjena cultivada tanto a campo abierto (entre 4,3 y 13,0 frutos/planta) [22], [27], [21], [30], como en invernadero (entre 3,19 y 17,68 frutos/planta) [15], [16], [18], [24], [25].

En otro ensayo se evaluaron cuatro densidades de siembra (1,90; 2,22; 2,68, y 3,33 plantas/m²) en berenjena cultivada a campo abierto, y se observó que sí existe influencia de la densidad de siembra sobre la producción de frutos por planta, que es mayor conforme disminuye la densidad; con 3,33 plantas/m² se obtuvieron 9,5 frutos/planta, mientras que con 1,90 plantas/m² se obtuvieron 19,5 frutos/planta [19]; la misma tendencia se observó en el presente ensayo.

En otra investigación, se evaluaron tres densidades de siembra (1,11; 1,18 y 1,25 plantas/m²) en berenjena de tres genotipos cultivada a campo abierto, y no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, en la variable número de frutos por planta; los valores oscilaron entre 5,12 y 6,02 frutos/planta [30]. Sin embargo, en forma contraria, en la presente investigación sí se presentaron diferencias en esta variable entre los diferentes tratamientos de densidad de siembra.

Otros autores encontraron una producción comercial entre 13 y 27 frutos/planta, al cultivar berenjena de nueve genotipos, a 0,67 plantas/m² a campo abierto [9]; los resultados hallados en el presente trabajo para esta variable, con la densidad de 0,65 plantas/m², se ubican dentro de dicho rango.

Al cultivar berenjena en invernadero, a una densidad de siembra de 5,71 plantas/m², un investigador determinó que el número de frutos por planta varió entre 3,19 y 12,40 [24]. Por otra parte, otro autor obtuvo entre 5,00 y 6,66 frutos/planta de producción comercial, con una densidad de 5,56 plantas/m² [27]. Esos valores son inferiores a los obtenidos en la presente investigación, debido a que se aplicó una menor densidad de siembra.

Número de frutos por metro cuadrado

En el cuadro 5 se presenta el número de frutos obtenidos por metro cuadrado. Se observa que no se presentaron diferencias significativas en la producción total entre genotipos, pero sí entre densidades, pues la densidad de 1,30 plantas/m² favorece mayor cantidad (23,27 frutos/m²) que la de 0,65 plantas/m² (14,77 frutos/m²).

Cuadro 5. Número de frutos por metro cuadrado de dos genotipos de berenjena, según la densidad de siembra.

Efecto	Tratamiento	Total	Categoría de calidad	
			Comercial	Rechazo
Genotipos	JMX-1099	18,74 a	15,04 b	3,70 a
	JMX-292	19,30 a	11,28 a	8,03 b
Densidad (plantas/m ²)	0,65 plantas/m ²	14,77 a	10,23 a	4,55 a
	1,30 plantas/m ²	23,27 b	16,09 b	7,18 b
Densidad (plantas/m ²) x genotipo	0,65 plantas/m ² x JMX-1099	13,75 a	11,18 ab	2,56 a
	1,30 plantas/m ² x JMX-1099	23,74 b	18,90 c	4,83 ab
	0,65 plantas/m ² x JMX-292	15,80 a	9,27 a	6,53 bc
	1,30 plantas/m ² x JMX-292	22,80 b	13,28 b	9,53 c

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

En cuanto a la clasificación por calidad, se observa nuevamente que la mayoría de los frutos se clasifican como comerciales (80 % en el genotipo JMX-1099 y 58 % en el JMX-292). El genotipo JMX-1099 produce mayor cantidad de frutos comerciales (15,04 frutos/m²) que el JMX-292 (11,28 frutos/m²), y la densidad de 1,30 plantas/m² favorece una mayor cantidad (16,09 frutos/m²) que la de 0,65 plantas/m² (10,23 frutos/m²).

Para ambos genotipos, la mayor cantidad de frutos comerciales por área se producen a la densidad de 1,30 plantas/m². Dado que la berenjena se comercializa en Costa Rica por unidad (y no por peso), evidentemente es más recomendable aplicar la densidad de 1,30 plantas/m² con cualquiera de los dos genotipos, para lograr la mayor rentabilidad para el productor.

Los resultados obtenidos en la presente investigación son similares a los obtenidos por otras en el cultivo de berenjena, tanto a campo abierto (entre 8,6 y 26,0 frutos/m²) [9], [22], como en invernadero (entre 16,35 y 70,80 frutos/m²) [15], [16], [24], pero son inferiores a los obtenidos por dos más, tanto a campo abierto (entre 27,8 y 37,0 frutos/m²) [27], [19], como en invernadero (entre 24,06 y 26,70 frutos/m²) [18], [25], y son superiores a los encontrados a campo abierto por una última (entre 5,68 y 7,52 frutos/m²) [30].

En una investigación, al evaluar cuatro densidades de siembra en berenjena a campo abierto, se obtuvo entre 28,4 y 37,0 frutos/m² de producción comercial; el valor más alto se encontró a la menor densidad (1,90 plantas/m²), mientras que a las otras densidades (2,22; 2,68, y 3,33 plantas/m²), se obtuvieron entre 28,4 y 31,6 frutos/m² [19].

Otro investigador evaluó tres densidades de siembra en berenjena a campo abierto, y obtuvo el mayor rendimiento (entre 7,00 y 7,52 frutos/m²) a la densidad más alta (1,25 plantas/m²), mientras que a la menor densidad (1,11 plantas/m²), halló entre 5,68 y 6,60 frutos/m² [30].

Rendimiento por planta

En el cuadro 6 se muestran los resultados de la producción en kilogramos por planta. Se observa que el genotipo JMX-1099 tiene una producción total mayor (5,90 kg/planta) que el JMX-292 (5,22 kg/planta), y la densidad de 0,65 plantas/m² favorece mayor producción (6,18 kg/planta) que la de 1,30 plantas/m² (4,94 kg/planta). De igual forma, el genotipo JMX-1099 produce un mayor rendimiento comercial (5,25 kg/planta) que el JMX-292 (3,87 kg/planta), y la densidad de 0,65 plantas/m² favorece mayor rendimiento (5,08 kg/planta) que la de 1,30 plantas/m² (4,04 kg/planta). Con respecto al rendimiento de rechazo, el genotipo JMX-292 produce más (1,35 kg/planta) que el JMX-1099, debido al menor peso promedio del fruto, y no se presentaron diferencias entre densidades.

Cuadro 6. Producción por planta (kg) de dos genotipos de berenjena, según la densidad de siembra.

Efecto	Tratamiento	Total	Categoría de calidad	
			Comercial	Rechazo
Genotipos	JMX-1099	5,90 b	5,25 b	0,65 a
	JMX-292	5,22 a	3,87 a	1,35 b
Densidad (plantas/m ²)	0,65 plantas/m ²	6,18 b	5,08 b	1,10 a
	1,30 plantas/m ²	4,94 a	4,04 a	0,90 a
Densidad (plantas/m ²) x Genotipo	0,65 plantas/m ² x JMX-1099	6,38 b	5,72 c	0,66 a
	1,30 plantas/m ² x JMX-1099	5,42 ab	4,78 bc	0,64 a
	0,65 plantas/m ² x JMX-292	5,97 b	4,44 b	1,53 b
	1,30 plantas/m ² x JMX-292	4,46 a	3,29 a	1,17 ab

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

Los resultados obtenidos para esta variable son similares a los encontrados por otros autores en berenjena cultivada a campo abierto (entre 4,85 y 7,93 kg/planta de producción comercial) [9] y en invernadero (entre 1,56 y 15,28 kg/planta) [28], [31], pero inferiores a los encontrados por otro investigador (9,5 kg/planta a campo abierto y 13,1 kg/planta en invernadero) [32], y superiores a los hallados por trece investigadores más, tanto a campo abierto (entre 0,20 y 3,71 kg/planta) [17], [22], [33], [27], [20], [10], [31], [34], [21], como en invernadero (entre 0,44 y 3,74 kg/planta) [18], [24], [25], [26].

Varios investigadores, al evaluar un genotipo de berenjena en invernadero a 1,02 plantas/m², obtuvieron un rendimiento comercial de entre 4,43 y 15,28 kg/planta en primavera, y entre 1,56 y 2,73 kg/planta en otoño [28], lo que enfatiza el importante efecto del clima sobre esta variable.

Rendimiento por área

En el cuadro 7 se muestran los datos del rendimiento por área. El genotipo JMX-1099 presenta una mayor producción total y comercial que el genotipo JMX-292, y la densidad de 1,30 plantas/m² favorece un mayor rendimiento total y comercial que la de 0,65 plantas/m².

En cuanto a la clasificación según la calidad, se observa que el mayor rendimiento es comercial (89 % del genotipo JMX-1099 y 74 % del JMX-292). En relación al rendimiento de rechazo, el

genotipo JMX-292 produce mayor rendimiento que el JMX-1099, y la densidad de 1,30 plantas/m² favorece mayor rendimiento que la de 0,65 plantas/m².

Cuadro 7. Rendimiento por área (kg/m²) de dos genotipos de berenjena, según la densidad de siembra.

Efecto	Tratamiento	Total	Categoría de calidad	
			Comercial	Rechazo
Genotipos	JMX-1099	5,59 b	4,96 b	0,63 a
	JMX-292	4,84 a	3,58 a	1,26 b
Densidad (plantas/m ²)	0,65 plantas/m ²	4,01 a	3,30 a	0,71 a
	1,30 plantas/m ²	6,42 b	5,25 b	1,17 b
Densidad (plantas/m ²) x genotipo	0,65 plantas/m ² x JMX-1099	4,14 a	3,72 ab	0,43 a
	1,30 plantas/m ² x JMX-1099	7,04 b	6,21 c	0,83 ab
	0,65 plantas/m ² x JMX-292	3,87 a	2,88 a	0,99 bc
	1,30 plantas/m ² x JMX-292	5,80 b	4,28 b	1,52 c

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

Los resultados obtenidos en el presente trabajo son similares a los hallados por otros autores en berenjena cultivada a campo abierto (entre 0,69 y 7,05 kg/m²) [9], [22], [20], [31], [35], [36], y en invernadero (entre 2,52 y 17,11 kg/m²) [15], [16], [18], [24], [28], [26], y son superiores a los obtenidos en otros trabajos a campo abierto (entre 0,47 y 2,78 kg/m²) [33], [27], [23], [30], pero inferiores a los hallados por otros investigadores, tanto a campo abierto (entre 7,79 y 21,38 kg/m²) [29], [32], [37], [38], [19], [10] como en invernadero (entre 9,90 y 16,38 kg/m²) [32], [25], [31].

En otras investigaciones en berenjena, se ha obtenido el mayor rendimiento por área al utilizar una mayor densidad de siembra, tal y como sucedió en el presente trabajo. Por ejemplo, un investigador evaluó cuatro densidades de siembra (1,90; 2,22; 2,68, y 3,33 plantas/m²) a campo abierto, y obtuvo el mayor rendimiento (9,03 kg/m²) con la densidad más alta, mientras que con 1,90 y 2,22 plantas/m² obtuvo entre 7,79 y 7,80 kg/m² [19]. En Honduras, otro autor evaluó cuatro densidades de siembra (0,33; 0,38; 0,44, y 0,53 plantas/m²) en berenjena injertada en un patrón tolerante a nematodos, sembrada a campo abierto, y encontró diferencias significativas entre tratamientos en el rendimiento total (valores entre 15,29 y 18,18 kg/m²) y el rendimiento comercial (valores entre 6,98 y 8,16 kg/m²); el mayor rendimiento comercial se obtuvo con una densidad de 0,53 plantas/m²; este resultado fue significativamente superior al obtenido con 0,38 plantas/m² [38]. Por otra parte, en otro ensayo se investigó el efecto de cuatro densidades de siembra (1,25; 1,00; 0,83, y 0,44 plantas/m²), y se obtuvo los mayores valores de rendimiento total con 1,25 y 1,00 plantas/m² (un promedio de 0,92 kg/m² en ambos tratamientos), y este resultado fue estadísticamente superior al obtenido con la densidad de 0,44 plantas/m² (0,47 kg/m²) [23]. Además, en una prueba de densidades de siembra (0,33; 0,44, y 0,56 plantas/m²) con berenjena injertada, en condiciones de campo abierto, se encontró que el rendimiento total se ubicó entre 4,15 y 5,84 kg/m², y el rendimiento comercial entre 3,65 y 4,85 kg/m²; en ambos casos, los mayores valores se obtuvieron con la densidad más alta, aunque en rendimiento comercial no hubo diferencias significativas entre los resultados de las densidades 0,44 plantas/m² y 0,56 plantas/m² (4,46 y 4,85 kg/m², respectivamente) [36].

Sin embargo, otros investigadores han hallado resultados diferentes a los obtenidos en el presente ensayo. Por ejemplo, uno de ellos evaluó tres densidades de siembra (1,11; 1,18, y 1,25 plantas/m²) en berenjena de tres genotipos, y no encontró diferencias significativas entre tratamientos en el rendimiento total; el rendimiento total varió entre 1,31 y 1,83 kg/m² [30]. Otro investigador evaluó cuatro densidades de siembra (0,56; 0,67; 0,89, y 1,33 plantas/m²) en berenjena a campo abierto, y no encontró diferencias significativas en el rendimiento total entre tratamientos (valores entre 11,74 y 13,08 kg/m²) ni en el rendimiento comercial (valores entre 4,97 y 5,54 kg/m²) [37]; sin embargo, en la presente investigación sí se obtuvo un mayor rendimiento comercial de ambos genotipos con la densidad de 1,30 plantas/m². Estos resultados fueron superiores a los reportados por el investigador anterior.

La época de siembra tiene un efecto en el rendimiento del cultivo; por ejemplo, varios investigadores evaluaron un genotipo de berenjena en dos épocas de cultivo en invernadero, a una densidad de 1,02 plantas/m², y encontraron diferencias significativas en cuanto al rendimiento comercial, siendo entre 4,52 y 15,59 kg/m² en primavera, y entre 1,59 y 2,78 kg/m² en otoño [28]. Según estos datos, los resultados encontrados en el presente trabajo son similares a los hallados en primavera por esos investigadores, pues con la densidad de 1,30 plantas/m² se obtuvieron entre 5,80 y 7,05 kg/m².

En otro ensayo, al cultivar berenjena en suelo en invernadero, a una densidad de 4,17 plantas/m², se obtuvieron rendimientos totales entre 9,90 y 11,33 kg/m², y rendimientos comerciales entre 8,56 y 9,40 kg/m² [25]. Por otra parte, en un estudio de berenjena en condiciones de campo con una densidad de 4 plantas/m², se encontró un rendimiento total entre 10,46 y 14,85 kg/m² [10]. En comparación con esos datos, los resultados obtenidos en el presente trabajo son inferiores, tanto en el rendimiento total como en el comercial, lo que demuestra el efecto que se puede generar utilizando mayores densidades de siembra.

Conclusiones y recomendaciones

Los frutos del genotipo JMX-1099 presentaron un mayor peso promedio total (299,32 g) que los del JMX-292 (249,47 g). La densidad de siembra no afectó esta variable.

La producción total de frutos por planta fue mayor a la densidad de 0,65 plantas/m² (22,75 frutos) que a la de 1,30 plantas/m² (17,92 frutos/planta).

Se obtuvo mayor número de frutos por metro cuadrado con la densidad de 1,30 plantas/m² (23,27 frutos/m²) que con la de 0,65 plantas/m² (14,77 frutos/m²). Además, la producción comercial del genotipo JMX-1099 obtenida (15,04 frutos/m²) fue mayor que la del JMX-292 (11,28 frutos/m²). La densidad de 1,30 plantas/m² también favoreció una mayor producción comercial (16,09 frutos/m²) que la de 0,65 plantas/m² (10,23 frutos/m²).

El genotipo JMX-1099 produjo un mayor rendimiento total por planta (5,90 kg/planta) y por área (5,59 kg/m²) que el genotipo JMX-292 (5,22 kg/planta y 4,84 kg/m²).

La densidad de siembra de 1,30 plantas/m² produjo menor rendimiento por planta (4,94 kg/planta) pero mayor por área (6,42 kg/m²) que la densidad de 0,65 plantas/m² (6,18 kg/planta y 4,01 kg/m²).

La mayor cantidad de frutos comerciales por área se produjo con el tratamiento de densidad de 1,30 plantas/m² y con el genotipo JMX-1099 (18,90 frutos/m²). Dado que el fruto de berenjena se comercializa por unidad (y no por peso), evidentemente es más recomendable utilizar la densidad de 1,30 plantas/m² con cualquiera de los dos genotipos, con el fin de lograr la mayor rentabilidad para el productor.

Se recomienda evaluar densidades de siembra mayores en futuras investigaciones, pero practicando poda de hojas y tallos, para permitir una mejor ventilación en la plantación, que facilite las aplicaciones de agroquímicos y un adecuado desarrollo de las plantas.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento recibido de parte de la Universidad de Costa Rica para la realización de este trabajo. Asimismo, agradecen la colaboración de María José Moya, Laura Soto, Juan Manuel Ávalos, Julio Vega y Andrés Oviedo en el trabajo de campo, y de Mario Monge en la revisión de la traducción del resumen al idioma inglés.

Referencias

- [1] ASERCA, «La berenjena, una hortaliza desconocida en nuestro país, pero con enorme vocación exportadora,» *Revista Claridades Agropecuarias*, n° 72, pp. 3-17, 1999.
- [2] J. Prohens, J. E. Muñoz, A. Rodríguez Burruezo y F. Nuez, «Últimos avances en la mejora genética de la berenjena,» *Vida Rural*, n° 15 de octubre, pp. 52-56, 2005.
- [3] G. Kowalska, «Flowering biology of eggplant and procedures intensifying fruit set - review,» *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, vol. 7, n° 4, pp. 63-76, 2008.
- [4] INFOAGRO, «El cultivo de la berenjena (1° parte),» s.f.. [En línea]. Available: <http://www.infoagro.com/hortalizas/berenjena.htm>.
- [5] H. C. Passam and I. C. Karapanos, «Eggplants, peppers and tomatoes: factors affecting the quality and storage life of fresh and fresh-cut (minimally processed) produce,» *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, vol. 2, n° Special Issue 1, pp. 156-170, 2008.
- [6] FAO, «Estadísticas de mercado de berenjena a nivel mundial,» FAOSTAT, 2015. [En línea]. Available: <http://www.fao.org>.
- [7] PIMA, «Estadísticas sobre la comercialización de berenjena en el CENADA, Costa Rica,» Sistema de Información de Mercados Mayoristas, Programa Integral de Mercadeo Agropecuario, San José, Costa Rica, 2014.
- [8] B. Santos, H. Obregón Olivas y T. Salamé Donoso, «Producción de hortalizas en ambientes protegidos: estructuras para la agricultura protegida,» 2010. [En línea]. Available: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/HS/HS118200.pdf>. [Último acceso: 2014].
- [9] A. C. C. Antonini, W. G. R. Robles, J. T. Neto y R. A. Kluge, «Capacidade produtiva de cultivares de berinjela,» *Horticultura Brasileira*, vol. 20, n° 4, pp. 646-648, 2002.
- [10] M. H. Aminifard, H. Aroiee, H. Fatemi, A. Ameri and S. Karimpour, «Responses of eggplant (*Solanum melongena* L.) to different rates of nitrogen under field conditions,» *Journal of Central European Agriculture*, vol. 11, n° 4, pp. 453-458, 2010.
- [11] H. Araméndiz, C. E. Cardona y M. M. Espitia, «Correlaciones fenotípicas, ambientales y genéticas en berenjena,» *Acta Agronómica*, vol. 58, n° 4, pp. 285-291, 2009.
- [12] C. Arguedas García y J. E. Monge Pérez, «Caracterización morfológica de dos genotipos de berenjena (*Solanum melongena*) cultivados en invernadero en Costa Rica,» *Cuadernos de Investigación UNED*, vol. 9, n° 2, pp. 266-272, 2017.
- [13] D. Vargas, *Parámetros de calidad de berenjena comercializada en Auto Mercado, San José, Costa Rica.* [Entrevista]. 15 mayo, 2013.
- [14] A. Zapata, *Parámetros de calidad de berenjena comercializada en Walmart, San José, Costa Rica.* [Entrevista]. 22 abril, 2013.
- [15] A. Taboada Arias, B. Salleres Neira, A. X. Iglesias Eirin y A. Rivera Martínez, «Efecto de la poda en el rendimiento de la berenjena en invernadero en Galicia,» s.f.. [En línea]. Available: <http://ciam.gal/uploads/publicacions/1099archivo.pdf>. [Último acceso: 2014].

- [16] B. Salleres Neira, A. Taboada Arias y A. Rivera Martínez, «Cultivo de diferentes variedades comerciales de berenjena en invernadero en la zona norte de Galicia,» s.f.. [En línea]. Available: <http://www.chil.es/rural/group/centro-nacional-de-capacitacion-agraria/document/cultivo-de-diferentes-variedades-comerciales-de-berenjena-en-invernadero-en-la-zona-norte-de-galicia>. [Último acceso: 2014].
- [17] H. Kirnak, C. Kaya, I. Tas and D. Higgs, «The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in eggplants,» *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, vol. 27, n° 3-4, pp. 34-46, 2001.
- [18] N. Acciarri, F. Restaino, G. Vitelli, D. Perrone, M. Zottini, T. Pandolfini, A. Spena and G. L. Rotino, «Genetically modified parthenocarpic eggplants: improved fruit productivity under both greenhouse and open field cultivation,» *BMC Biotechnology*, vol. 2, pp. 1-7, 2002.
- [19] J. I. Macua, «Influencia de la densidad de plantación en el cultivo de la berenjena,» 2007. [En línea]. Available: http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_SH%2FSH_2006_14_87_91.pdf. [Último acceso: 2014].
- [20] A. Rodríguez Burruezo, J. Prohens and F. Nuez, «Performance of hybrids between local varieties of eggplant (*Solanum melongena*) and its relation to the mean of parents and to morphological and genetic distances among parents,» *European Journal of Horticultural Sciences*, vol. 73, n° 2, pp. 76-83, 2008.
- [21] M. A. Torres, «Evaluación de frecuencia y dos concentraciones de aplicación de bioestimulante (Biozyme) en floración de berenjenas (*Solanum melongena* L.) para reducir los costos del cultivo,» Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile, 2013.
- [22] F. Bletsos, C. Thanassouloupoulos and D. Roupakias, «Effect of grafting on growth, yield and Verticillium wilt of eggplant,» *Hort Science*, vol. 38, n° 2, pp. 183-186, 2003.
- [23] M. Pérez, R. A. Montoya, C. E. Cardona, H. Araméndiz y J. R. Robles, «Efecto de cuatro densidades de población sobre el crecimiento del fruto de berenjena (*Solanum melongena* L.),» *Temas Agrarios*, vol. 11, n° 2, pp. 14-25, 2006.
- [24] S. Uzun, «Effect of light and temperature on the phenology and maturation of the fruit of eggplant (*Solanum melongena*) grown in greenhouses,» *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, vol. 35, pp. 51-59, 2007.
- [25] A. M. Ambroszczyk, S. Cebula and A. Sekara, «The effect of shoot training on yield, fruit quality and leaf chemical composition of eggplant in greenhouse cultivation,» *Folia Horticulturae*, vol. 20, n° 2, pp. 3-15, 2008.
- [26] I. C. Maldaner, F. I. Guse, N. A. Streck, A. B. Heldwein, D. D. P. Lucas y L. H. Loose, «Filocrono, área foliar e produtividade de frutos de berinjela conduzidas com uma e duas hastes por planta em estufa plástica,» *Ciência Rural (Santa Maria)*, vol. 39, n° 3, pp. 671-677, 2009.
- [27] M. D. Sharma, «Effects of plant growth regulators on growth and yield of brinjal at Khajura, Banke,» *Journal of the Institute of Agriculture and Animal Science*, vol. 27, pp. 153-156, 2006.
- [28] C. Baixauli, J. M. Aguilar, A. Giner, A. Núñez y F. Pomares, «Evaluación agronómica y productiva de diferentes soluciones nutritivas, en cultivo sin suelo, berenjena en ciclo de primavera y otoño,» de *Acta XI Jornadas del Grupo de Horticultura de la SECH*, España, 2008.
- [29] C. Baixauli, «Cultivo de la berenjena al aire libre: ensayo experimental de variedades (I),» *Revista Comunitat Valenciana Agraria*, n° 9, pp. 12-17, 1997.
- [30] W. H. Aguilera, «Evaluación del comportamiento agronómico de tres variedades de berenjena (*Solanum melongena* L.) en tres distanciamientos de siembra,» Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, 2016.
- [31] E. M. Khah, «Effect of grafting on growth, performance and yield of aubergine (*Solanum melongena* L.) in greenhouse and open-field,» *International Journal of Plant Production*, vol. 5, n° 4, pp. 359-366, 2011.
- [32] E. M. Khah, «Effect of grafting on growth, performance and yield of aubergine (*Solanum melongena* L.) in the field and greenhouse,» *Journal of Food, Agriculture & Environment*, vol. 3, n° 3&4, pp. 92-94, 2005.
- [33] C. Sánchez, A. Arrieta, S. Flórez, T. Mercado, J. Martínez y A. Martínez, «Requerimiento hídrico de la berenjena *Solanum melongena* L. bajo riego por goteo en el Valle del Sinú,» *Agronomía Colombiana*, vol. 22, n° 2, pp. 170-176, 2004.
- [34] B. C. Sarker, B. Roy, S. Mustary, B. S. Sultana and B. Basak, «Yield potential of some eggplant varieties under plant growth regulator,» *Journal of Innovation and Development Strategy*, vol. 5, n° 1, pp. 34-37, 2011.

- [35] M. Salguera y M. Morales, «Requerimientos de nitrógeno de tres cultivos de berenjena en Guanacaste. I. El efecto de dosis crecientes de N sobre el crecimiento y la cosecha,» de *La investigación en Guanacaste*, San José, Costa Rica, Nuevas Perspectivas, 2014, pp. 231-236.
- [36] D. F. Díaz, «Rendimiento de berenjena injertada en función de la densidad de siembra; La Blanca, San Marcos,» Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Sede Regional de Coatepeque, Universidad Rafael Landívar, Coatepeque, Guatemala, 2015.
- [37] J. Jiménez, «Evaluación de densidades de siembra en el cultivo de berenjena china c.v. Taiwanesa,» de *Informe técnico 2005*, La Lima, Cortés, Honduras, Programa de Hortalizas, Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, 2006, pp. 112-116.
- [38] J. Jiménez, «Evaluación de densidades de siembra en el cultivo de berenjena china injertada,» de *Informe técnico 2005*, La Lima, Cortés, Honduras, Programa de Hortalizas, Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, 2006, pp. 117-122.