

Relaciones entre densidad de siembra y variables de rendimiento en pimiento (*Capsicum annuum*)

Relations among plant density and yield variables in bell pepper (*Capsicum annuum*)

José Eladio Monge-Pérez¹, Michelle Loría-Coto²

Monge-Pérez, J.E; Loría-Coto, M. Relaciones entre densidad de siembra y variables de rendimiento en pimiento (*Capsicum annuum*). *Tecnología en Marcha*. Vol. 35, N° 4. Octubre-Diciembre, 2022. Pág. 162-174.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v35i4.5853>

- 1 Investigador de la Finca Experimental Interdisciplinaria de Modelos Agroecológicos y de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Universidad de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: melonescr@yahoo.com.mx
 <https://orcid.org/0000-0002-5384-507X>.
- 2 Investigadora de la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica. Correo electrónico: michelle_loria@yahoo.com
 <https://orcid.org/0000-0003-0456-2230>

Palabras clave

Poda; ambiente protegido; producción; densidad de siembra; correlación de Pearson; regresión lineal.

Resumen

El objetivo de la investigación fue establecer correlaciones de Pearson en pimiento cultivado bajo invernadero, utilizando dos tipos de poda (española y holandesa), entre la densidad de siembra y las siguientes variables: número de frutos (por planta y por m²), peso del fruto, y rendimiento total y comercial. Con poda holandesa las correlaciones entre la densidad de siembra y las variables evaluadas no fueron significativas. Con poda española se presentaron cinco correlaciones de Pearson con significancia estadística ($p \leq 0,05$), en cuyo caso se obtuvieron las regresiones lineales; estas correlaciones fueron entre la densidad de siembra y: número total de frutos por planta ($r = -0,63^*$); número de frutos de primera calidad por planta ($r = -0,87^{**}$); número de frutos de segunda calidad por m² ($r = 0,61^*$); rendimiento de segunda calidad ($r = 0,76^{**}$); y rendimiento comercial ($r = 0,64^*$). Se concluye que, con poda española, la mejor opción desde el punto de vista económico es el uso de la mayor densidad de siembra.

Keywords

Pruning; greenhouse; production; plant density; Pearson correlation; linear regression.

Abstract

For bell pepper grown under greenhouse conditions and using two pruning systems (Spanish and Dutch), the objective of the research was to estimate Pearson correlations among plant density and the following variables: number of fruits (per plant and per m²), fruit weight, and total and commercial yield. For Dutch pruning system, the correlations between plant density and other tested variables were not significant. For Spanish pruning system, there were five statistically significant Pearson correlations ($p \leq 0,05$). In those cases the linear regression statistic was calculated; these significant correlations were between plant density and: number of total fruits per plant ($r = -0,63^*$); number of first quality fruits per plant ($r = -0,87^{**}$); number of second quality fruits per m² ($r = 0,61^*$); second quality yield ($r = 0,76^{**}$); and commercial yield ($r = 0,64^*$). It is concluded that, for Spanish pruning system, the best option is the use of the highest plant density, from an economical point of view.

Introducción

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es una especie de la familia Solanaceae, y es una hortaliza de importancia en la producción bajo invernadero en muchos países [1]. Esta planta es originaria de Centro y Suramérica [2].

El pimiento se consume generalmente crudo, cocido como hortaliza, o para rellenar comidas, y en la preparación de sopas y comidas al vapor, para dar aroma, sabor y color; los pimientos están disponibles en diferentes colores, tales como amarillo, rojo, verde, morado y anaranjado [3].

Varios investigadores han establecido que, en la producción de pimiento, a mayor densidad de siembra se reduce el número de frutos por planta, pero aumenta el rendimiento por área [4] [5] [6] [7] [8]. A mayor densidad de siembra se produce una mayor competencia por luz entre las plantas, lo que puede afectar la producción de frutos en pimiento [9] [1]. Una de las formas de lograr la optimización de la producción comercial por unidad de área es por medio de una combinación apropiada entre la densidad de siembra y el sistema de poda [10] [11].

La densidad de siembra es un factor que influye en forma importante en la utilización de la radiación solar interceptada, principalmente debido al índice de área foliar; a mayor densidad de siembra, la interceptación de la radiación aumenta debido al incremento en el índice de área foliar, lo cual favorece un mejor crecimiento y rendimiento [4]. La densidad de siembra óptima asegura un buen crecimiento y desarrollo de la planta, y resulta en un rendimiento máximo del cultivo; en pimiento, se ha informado que el rendimiento depende del número de plantas cultivadas por unidad de área [12].

El análisis de coeficiente de correlación mide el grado de asociación entre dos caracteres independientes [13] [14] [15] [2] [16] [17]; la correlación simple es el análisis que se hace para establecer el grado y la dirección de las relaciones lineales que corresponden a esa asociación [18].

Varios investigadores han estudiado la correlación existente entre diferentes características en pimiento [3] [19] [20] [21] [22] [23] [18] [24] [25]; [26] [27] [28] [29], así como la relación entre diversas variables y la densidad de siembra [30] [5] [31] [32] [8] [6] [7] [1] [33] [34] [9] [35] [36] [37] [12].

Se ha informado de una investigación sobre la correlación entre la densidad de siembra y las variables de rendimiento en chile dulce bajo invernadero en Costa Rica, en una variedad de frutos de forma cónica [38]. Sin embargo, no se conocen estudios en Costa Rica sobre la correlación entre dichas variables, en el cultivo de pimiento de frutos de forma cuadrada producido bajo invernadero.

El objetivo de este trabajo fue evaluar las correlaciones de Pearson entre la densidad de siembra y las variables de rendimiento en pimiento cv. Vikingo, cultivado bajo invernadero, utilizando dos tipos de poda (española y holandesa).

Materiales y métodos

El experimento se hizo en un invernadero tipo multicapilla, marca Richel, ubicado en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), de la Universidad de Costa Rica, en Alajuela, Costa Rica, a una altitud de 883 msnm, con una temperatura media de 22 °C, y una precipitación promedio de 1940 mm/año, distribuidos de mayo a noviembre.

Se sembró el híbrido F-1 de pimiento (*Capsicum annum* L.) denominado Vikingo, cuyos frutos tienen forma cuadrada y cuya cáscara es de coloración amarilla. El almácigo se sembró el 30 de junio de 2010, en bandejas plásticas rellenas con sustrato de fibra de coco molida mezclada con abono orgánico, en una proporción 1:1. El trasplante se hizo a los 38 días después de siembra (dds); las plántulas se trasplantaron en sacos rellenos con fibra de coco, de 1 m de largo, 20 cm de ancho y 22 cm de altura. En el cuadro 1 se presentan los seis tratamientos evaluados.

Cuadro 1. Tratamientos incluidos en el estudio.

Tratamiento	Tipo de poda	Densidad de siembra (plantas/m ²)
1	Española	2,60
2		3,25
3		3,90
4	Holandesa	2,60
5		3,25
6		3,90

Para establecer la poda holandesa, se seleccionan dos únicos tallos por cada planta, y se eliminan los demás tallos laterales [39], mientras que para la poda española solamente se deja que la planta crezca libremente [11]. La poda holandesa se aplicó inicialmente a los 38 ddt, y luego se siguió realizando periódicamente. Las densidades de siembra de 2,60; 3,25; y 3,90 plantas/m², corresponden a 4, 5 y 6 plantas por metro lineal, respectivamente, con una distancia entre hileras de 1,54 m.

En el cuadro 2 se presenta el plan de fertirrigación utilizado en el ensayo.

El inicio de la cosecha se dio a los 79 días después del trasplante (ddt), y se extendió hasta los 242 ddt. Los frutos se clasificaron de acuerdo a los criterios de calidad establecidos por [6].

Las variables evaluadas fueron: número de frutos por planta y por metro cuadrado; peso del fruto (g); y rendimiento por área (ton/ha). La metodología de evaluación de las variables, así como la descripción del diseño experimental, se encuentran descritos detalladamente en publicaciones anteriores [38] [1].

Se calcularon las correlaciones de Pearson entre la densidad de siembra y las variables de rendimiento, según el tipo de poda. Para las correlaciones que fueron significativas ($p \leq 0,05$), se calculó la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación (R^2).

Cuadro 2. Dosis de las fuentes fertilizantes (por litro) de la solución nutritiva para el cultivo de pimiento, según la fase fenológica.

Tipo de solución	Etapa fenológica del cultivo (dosis por litro de solución nutritiva)		
	1	2	3
Solución A			
Sulfato de potasio (mg)	100	140	150
Sulfato de magnesio (mg)	730	750	750
Ácido nítrico (ml)	0,025	0,025	0,025
Fe-EDTA® (mg)	20	20	20
Fosfato monopotásico (mg)	240	270	270
Solución B			
Nitrato de calcio (mg)	740	900	900
Nitrato de potasio (mg)	130	100	190
Cloruro de potasio (mg)	60	120	140
Ácido nítrico (ml)	0,025	0,025	0,025
Sulfato de cobre (mg)	0,80	0,80	0,80
Sulfato de zinc (mg)	0,85	0,85	1,0
Manvert Mn® (ml)	9,0	9,0	9,0
Ácido bórico (mg)	4,0	4,0	4,0
Molibdeno mix® (ml)	0,002	0,002	0,002

Nota: Las fases fenológicas corresponden a lo siguiente: 1: desde siembra o trasplante hasta inicio de floración; 2: desde inicio de floración hasta inicio de fructificación; 3: desde inicio de fructificación hasta final de la cosecha.

Resultados y discusión

Poda holandesa

Para los tratamientos con poda tipo holandesa, las correlaciones entre la densidad de siembra y las variables de rendimiento fueron no significativas en todos los casos (cuadro 3).

Según estos resultados, la densidad de siembra no tuvo ningún efecto sobre las variables evaluadas, en la producción de pimiento cv. Vikingo en invernadero, al aplicar ese tipo de poda. Este resultado contradice los hallazgos encontrados por otros investigadores [10] [11] [38]. Una de las hipótesis que puede explicar estas diferencias entre los resultados de esta investigación con respecto a otros ensayos, es el uso de diversas frecuencias de aplicación de la poda holandesa sobre las plantas, dado que a mayor frecuencia se eliminan brotes de menor tamaño y poco crecimiento, mientras que si la frecuencia de poda es menor los brotes cortados serán de mayor tamaño, lo que puede representar una pérdida significativa de biomasa para la planta, y ocasionar un desbalance en la partición de asimilados. Por otra parte, la frecuencia de aplicación de la poda holandesa es un factor que afecta sensiblemente los costos de producción, dado el gasto en mano de obra que esta práctica implica. Por lo tanto, este es un aspecto que se debe investigar con mayor profundidad en investigaciones futuras. Otros aspectos que pueden explicar estas diferencias corresponden al genotipo incluido en el ensayo, así como las condiciones climáticas imperantes durante el desarrollo de la investigación.

Cuadro 3. Coeficientes de correlación de Pearson entre densidad de siembra y las variables de rendimiento en pimiento con poda holandesa (n=12).

Variable de rendimiento	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)
No. total de frutos por planta	-0,48	ns
No. de frutos de primera calidad por planta	-0,19	ns
No. de frutos de segunda calidad por planta	-0,54	ns
No. total de frutos por m ²	0,46	ns
No. de frutos de primera calidad por m ²	0,31	ns
No. de frutos de segunda calidad por m ²	0,40	ns
Peso promedio del fruto (g)	-0,10	ns
Peso del fruto de primera calidad (g)	-0,47	ns
Peso del fruto de segunda calidad (g)	0,26	ns
Rendimiento total (ton/ha)	0,47	ns
Rendimiento de primera calidad (ton/ha)	0,23	ns
Rendimiento de segunda calidad (ton/ha)	0,51	ns
Rendimiento comercial (ton/ha)	0,40	ns

Nota: ns = no significativo; * = significativa ($p \leq 0,05$); ** = altamente significativa ($p \leq 0,01$).

Poda española

Para los tratamientos con poda tipo española, sí se obtuvieron algunas correlaciones con significancia estadística entre la densidad de siembra y las variables de rendimiento (cuadro 4). Para las cinco correlaciones de Pearson que resultaron significativas ($p \leq 0,05$) o muy

significativas ($p \leq 0,01$), se obtuvieron coeficientes de determinación (R^2) entre 0,40 y 0,75, lo cual significa que la densidad de siembra explica entre el 40% y el 75% de la variación en esas cinco variables de rendimiento, dado que el R^2 expresa la varianza de factores comunes [40].

Cuadro 4. Coeficientes de correlación de Pearson entre densidad de siembra y las variables de rendimiento en pimiento con poda española ($n=12$).

Variable de rendimiento	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coeficiente de determinación de la regresión lineal (R^2)
No. total de frutos por planta	-0,63	*	0,40
No. de frutos de primera calidad por planta	-0,87	**	0,75
No. de frutos de segunda calidad por planta	-0,12	ns	
No. total de frutos por m^2	0,48	ns	
No. de frutos de primera calidad por m^2	-0,35	ns	
No. de frutos de segunda calidad por m^2	0,61	*	0,38
Peso promedio del fruto (g)	-0,26	ns	
Peso del fruto de primera calidad (g)	-0,31	ns	
Peso del fruto de segunda calidad (g)	0,10	ns	
Rendimiento total (ton/ha)	0,48	ns	
Rendimiento de primera calidad (ton/ha)	-0,41	ns	
Rendimiento de segunda calidad (ton/ha)	0,76	**	0,58
Rendimiento comercial (ton/ha)	0,64	*	0,41

Nota: ns = no significativo; * = significativa ($p \leq 0,05$); ** = altamente significativa ($p \leq 0,01$).

La correlación entre la densidad de siembra y el número total de frutos por planta fue negativa y significativa ($r = -0,63$; $R^2 = 0,40$) (figura 1).

En cuanto a la correlación entre la densidad de siembra y el número de frutos de primera calidad por planta, se halló un coeficiente negativo y muy significativo ($r = -0,87$; $R^2 = 0,75$) (figura 2).

En el caso de los resultados obtenidos con la poda española para el número total de frutos por planta, y el número de frutos de primera calidad por planta, al ser una correlación negativa en ambos casos, esto significa que, al aumentar la densidad de siembra, se reduce el número de frutos por planta en esas categorías, debido a la mayor competencia por luz y otros recursos entre las plantas. Los resultados obtenidos en el presente ensayo son similares a los hallados por otros investigadores, quienes también obtuvieron un mayor número de frutos por planta al disminuir la densidad de siembra [30] [41] [31] [5] [4] [42] [43] [7] [44] [8] [6] [1] [38], tal y como se evidenció en el presente ensayo. En un ensayo realizado en Nigeria, el mayor número de frutos por planta se obtuvo con una densidad de 3,69 plantas/ m^2 , mientras que las densidades mayores y menores alcanzaron valores más bajos para esta variable [12].

La correlación entre la densidad de siembra y el número de frutos de segunda calidad por metro cuadrado fue positiva y significativa ($r = 0,61$; $R^2 = 0,38$) (figura 3).

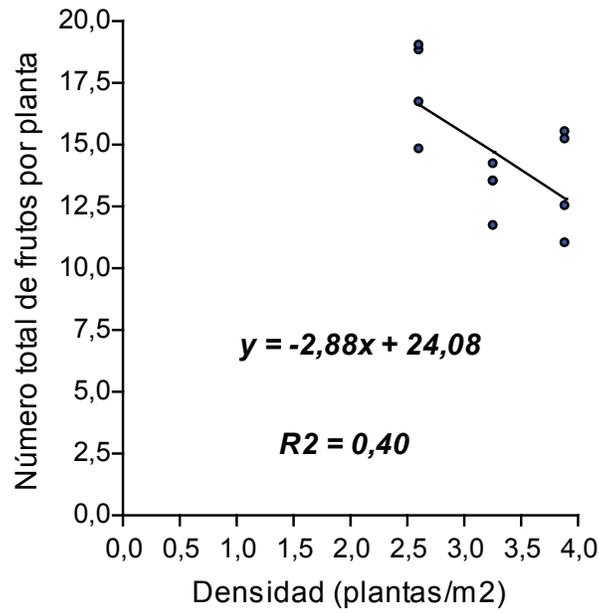


Figura 1. Regresión lineal del número total de frutos por planta versus la densidad de siembra (plantas/m²) en pimiento con poda española (n=12).

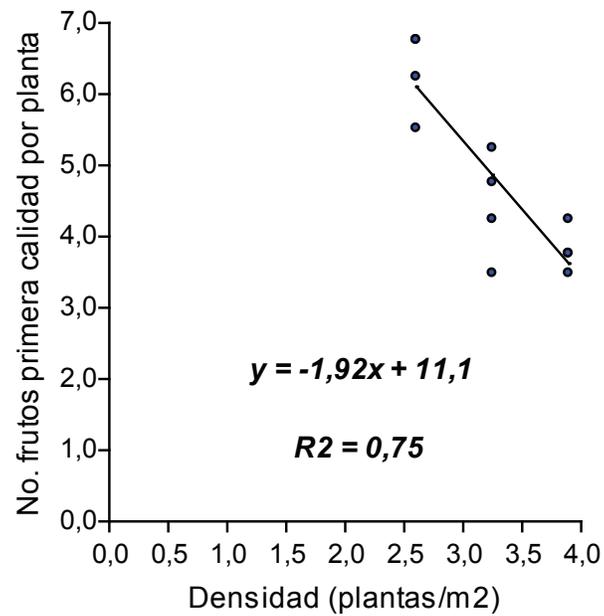


Figura 2. Regresión lineal del número de frutos de primera calidad por planta versus la densidad de siembra (plantas/m²) en pimiento con poda española (n=12).

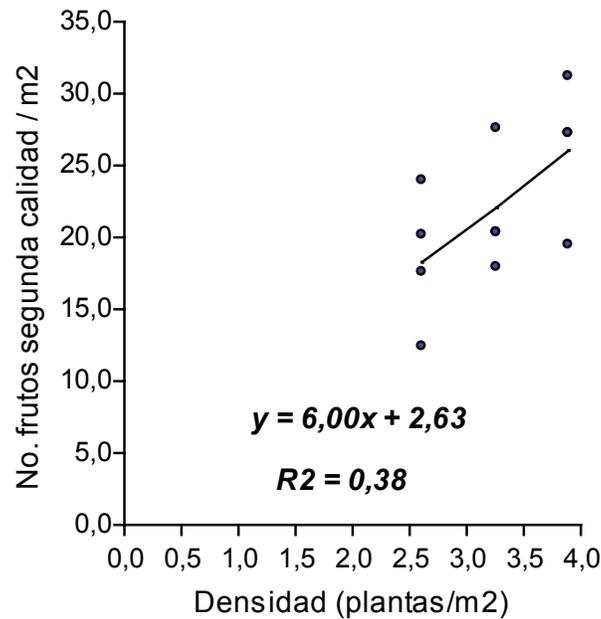


Figura 3. Regresión lineal del número de frutos de segunda calidad por m² versus la densidad de siembra (plantas/m²) en pimiento con poda española (n=12).

En el caso de la correlación entre la densidad de siembra y el número de frutos de segunda calidad por metro cuadrado, se encontró una relación directamente proporcional, por lo que un aumento en la densidad de siembra provoca un mayor número de frutos por área, debido a la mayor cantidad de puntos de crecimiento por unidad de área, que pueden llegar a producir flores y frutos. En otros estudios también se han hallado diferencias significativas en el número de frutos comerciales por metro cuadrado al usar diversas densidades de siembra, obteniendo más frutos por área a una mayor densidad [45] [11] [1] [7] [38]; este mismo resultado se obtuvo en la presente investigación, con los frutos de segunda calidad, que se consideran de valor comercial. Por el contrario, otros investigadores no hallaron diferencias en el número de frutos por área, al evaluar diferentes densidades de siembra [31].

Con respecto a la correlación entre la densidad de siembra y el rendimiento de segunda calidad, el resultado fue positivo y altamente significativo ($r = 0,76$; $R^2 = 0,58$) (figura 4).

Por otra parte, la correlación entre la densidad de siembra y el rendimiento comercial fue positiva y significativa ($r = 0,64$; $R^2 = 0,41$) (figura 5).

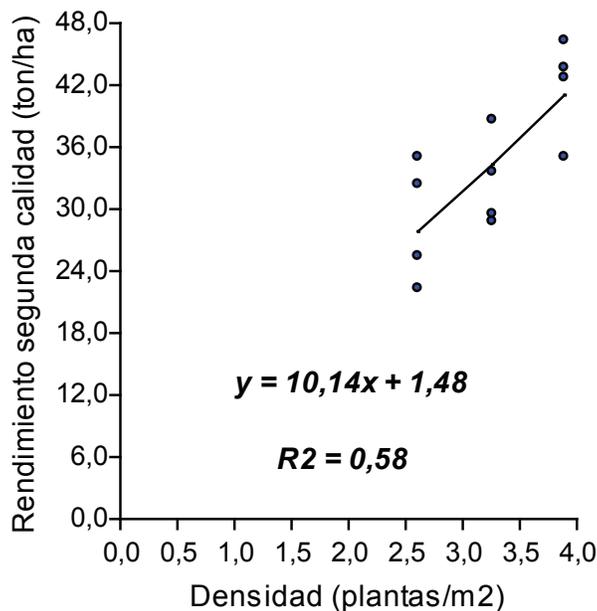


Figura 4. Regresión lineal del rendimiento de segunda calidad (ton/ha) versus la densidad de siembra (plantas/m²) en pimiento con poda española (n=12).

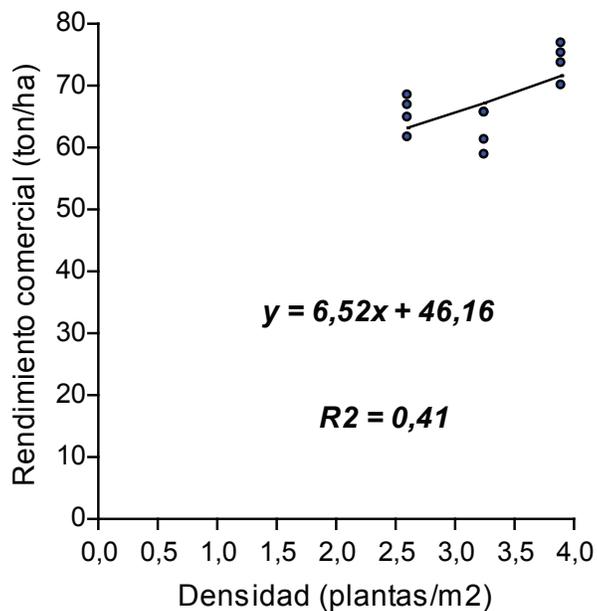


Figura 5. Regresión lineal del rendimiento comercial (ton/ha) versus la densidad de siembra (plantas/m²) en pimiento con poda española (n=12).

En cuanto a la correlación positiva encontrada entre la densidad de siembra, y el rendimiento de segunda calidad y el rendimiento comercial, esto significa que un aumento en la densidad de siembra provoca un mayor valor en ambas categorías de rendimiento, lo cual se explica por la mayor cantidad de frutos de segunda calidad por unidad de área. Los resultados de la presente investigación son similares a los informados por otros autores, quienes hallaron

un mayor rendimiento comercial por área conforme aumenta la densidad de siembra [32] [4] [5] [30] [42] [46] [45] [6] [8] [1] [7] [38]. Asimismo, otros autores también encontraron que el rendimiento comercial fue mayor a la densidad más alta (3,8 plantas/m²) (74 ton/ha), en comparación a las densidades más bajas (entre 1,5 y 3,0 plantas/m², con rendimientos entre 35 y 55 ton/ha) [11], lo cual concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio. En ese caso, la respuesta fue un aumento en el rendimiento de frutos extra grandes conforme aumentó la densidad de siembra: ($R^2 = 0,92$) con poda española; y ($R^2 = 0,96$) con poda holandesa [11]. En un ensayo realizado en Nigeria, el mayor rendimiento se obtuvo con una densidad de 3,69 plantas/m², mientras que las densidades mayores y menores alcanzaron valores más bajos para esta variable [12]. Otros investigadores no hallaron diferencias en el rendimiento por área, al evaluar diferentes densidades de siembra [31].

Por lo tanto, en el caso de los tratamientos con poda española evaluados en este ensayo, la mejor opción desde el punto de vista económico es el uso de la mayor densidad de siembra (3,90 plantas/m²). Sin embargo, se recomienda en futuras investigaciones ensayar con densidades mayores para identificar la densidad de siembra que permita alcanzar el máximo rendimiento.

Se ha informado de una investigación sobre la correlación entre la densidad de siembra y las variables de rendimiento en chile dulce bajo invernadero en Costa Rica, en una variedad de frutos de forma cónica [38]. Sin embargo, el presente trabajo constituye el primer informe sobre correlaciones entre la densidad de siembra y las variables de rendimiento, en pimiento con frutos de forma cuadrada cultivado bajo invernadero en Costa Rica.

Conclusiones

Se concluye que, para los tratamientos con poda holandesa evaluados para la producción de pimiento cultivado bajo invernadero, la densidad de siembra no influyó de manera significativa en las variables de rendimiento evaluadas. Sin embargo, se recomienda evaluar en investigaciones futuras el impacto de la frecuencia de aplicación de dicha poda, sobre el crecimiento y producción de la planta.

Por otra parte, para los tratamientos con poda española, un aumento en la densidad de siembra provocó una disminución significativa en el número de frutos totales y de primera calidad por planta; un aumento significativo en el número de frutos de segunda calidad por metro cuadrado; y un aumento significativo en el rendimiento comercial y de segunda calidad por hectárea. Por el contrario, la variación en la densidad de siembra no afectó las siguientes variables: número total de frutos por metro cuadrado, peso del fruto, y rendimiento total.

Por lo tanto, en el caso de los tratamientos con poda española, la mejor opción desde el punto de vista económico es el uso de la mayor densidad de siembra evaluada (3,90 plantas/m²). Sin embargo, se recomienda en futuras investigaciones ensayar con densidades mayores para identificar la densidad óptima.

Este trabajo constituye el primer informe sobre correlaciones entre la densidad de siembra y las variables de rendimiento, en pimiento con frutos de forma cuadrada cultivado bajo invernadero en Costa Rica.

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad de Florida y a la Universidad de Costa Rica por el financiamiento de este trabajo, y a Mario Monge por la revisión de la traducción al idioma inglés del resumen.

Referencias

- [1] J. E. Monge-Pérez and M. Loría-Coto, "Producción de chile dulce (*Capsicum annuum*) en invernadero: efecto de densidad de siembra y poda" *Revista Posgrado y Sociedad*, vol. 16, no. 2, pp. 19-38, 2018.
- [2] H. Rokib, A. Matin, A. Nazmul, B. Abul and A. K. M. Mahmudul, "Genetic association analysis and selection indices for yield attributing traits in available chilli (*Capsicum annuum* L.) genotypes," *Molecular Plant Breeding*, vol. 7, no. 19, pp. 1-9, 2016.
- [3] S. Thakur, R. Negi and D. K. Mehta, "Correlation and path coefficient studies in bell pepper (*Capsicum annuum* L. var. *grossum*) under mid hill conditions of Solan District of Himachal Pradesh, India," *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol. 8, no. 1, pp. 1788-1796, 2019.
- [4] T. Nasto, A. Balliu and N. Zeka, "The influence of planting density on growth characteristics and fruit yield of peppers (*Capsicum annuum* L.)," *Acta Horticulturae*, vol. 830, pp. 609-612, 2009.
- [5] N. E. Abu and C. V. Odo, "The effect of plant density on growth and yield of 'Nsukka Yellow' aromatic pepper (*Capsicum annuum* L.)," *African Journal of Agricultural Research*, vol. 12, no. 15, pp. 1269-1277, 2017.
- [6] 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, no. 2, pp. 126-137, 2016.
- [7] F. Soto-Bravo, E. A. Araya-Cubero and C. Echandi-Gurdián, "Efecto de la densidad de siembra y volumen de sustrato sobre parámetros de riego y rendimiento de chile dulce 'Dulcítico', en hidroponía bajo invernadero," *Agronomía Costarricense*, vol. 44, no. 1, pp. 43-64, 2020.
- [8] E. N. Ocharo, "Evaluation of row spacing and mulching on weed control, growth and yield of green pepper in Busia County, Kenya," Kenyatta University, Kenya, 2018.
- [9] 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, no. 1, pp. 259-263, 2010.
- [10] M. H. Aminifard, H. Aroiee, A. Ameri and H. Fatemi, "Effect of plant density and nitrogen fertilizer on growth, yield and fruit quality of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.)," *African Journal of Agricultural Research*, vol. 7, no. 6, pp. 859-866, 2012.
- [11] 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, no. 4, pp. 507-513, 2004.
- [12] O. O. Adenubi and K. O. Sanni, "Weed interference and fruit yield of chilli pepper (*Capsicum annuum*) as influenced by plant density," *Open Journal of Plant Science*, vol. 5, no. 1, pp. 30-32, 2020.
- [13] S. Chakrabarty and A. K. M. A. Islam, "Selection criteria for improving yield in chili (*Capsicum annuum*)," *Advances in Agriculture*, vol. 2017, no. 5437870, pp. 1-9, 2017.
- [14] R. Dolkar, M. B. Madalageri and G. Manjunath, "Correlation and path analysis for growth, earliness, yield and quality parameters in chilli (*Capsicum annuum* L.)," *HortFlora Research Spectrum*, vol. 4, no. 3, pp. 268-272, 2015.
- [15] U. U. Pujar, S. Tirakannanavar, R. C. Jagadeesha, V. D. Gasti and N. Sandhyarani, "Genetic variability, heritability, correlation and path analysis in chilli (*Capsicum annuum* L.)," *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, vol. 5, no. 5, pp. 579-586, 2017.
- [16] A. Shumbulo, M. Nigussie and S. Alamerew, "Correlation and path coefficient analysis of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes for yield and its components in Ethiopia," *Advances in Crop Science and Technology*, vol. 5, no. 3, pp. 1-5, 2017.
- [17] Shweta, H. R. Basavarajappa, D. Satish, R. C. Jagadeesha, C. N. Hanachinmani and A. M. Dileepkumar, "Genetic correlation and path coefficient analysis in chilli (*Capsicum annuum* L.) genotypes for growth and yield contributing traits," *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, vol. 7, no. 2, pp. 1312-1315, 2018.
- [18] S. Cancaya, A. Balkaya and O. Karaagac, "Canonical correlation analysis for the determination of relationships between plant characters and yield components in red pepper [*Capsicum annuum* L. var. *conoides* (Mill.) Irish] genotypes," *Spanish Journal of Agricultural Research*, vol. 8, no. 1, pp. 67-73, 2010.
- [19] K. Diwaker, B. Vijay, S. B. Rangare and S. Devi, "Genetic variability, heritability and correlation studies in chilli (*Capsicum annuum* L.)," *HortFlora Research Spectrum*, vol. 1, no. 3, pp. 248-252, 2012.
- [20] A. M. Gupta, S. Daljeet and K. Ajay, "Genetic variability, genetic advance and correlation in chilli (*Capsicum annuum*)," *Indian Journal of Agricultural Sciences*, vol. 79, no. 3, pp. 221-223, 2009.

- [21] D. N. Bharadwaj, H. Singh and R. K. Yadav, "Genetic variability and association of component characters for yield in chilli (*Capsicum annuum* L.)," *Progressive Agriculture*, vol. 7, no. 1-2, pp. 72-74, 2007.
- [22] A. Baseerat, S. H. Khan, F. Mushtaq, K. Hussain and A. Nabi, "Variability and correlation studies in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.)," *Progressive Horticulture*, vol. 45, no. 1, pp. 209-213, 2013.
- [23] V. K. Sharma, C. S. Semwal and S. P. Uniyal, "Genetic variability and character association analysis in bell pepper (*Capsicum annuum* L.)," *Journal of Horticulture and Forestry*, vol. 2, no. 3, pp. 58-65, 2010.
- [24] L. Sasu, E. Madosa, G. Velicevici, S. Ciulca, C. Avadanei and G. Gorinoiu, "Studies regarding correlations between the main morphological traits in a collection of bell pepper (*Capsicum annuum* var. *grossum*) local landraces," *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, vol. 17, no. 2, pp. 285-289, 2013.
- [25] A. Ben-Chaim and I. Paran, "Genetic analysis of quantitative traits in pepper (*Capsicum annuum*)," *Journal of the American Society for Horticultural Science*, vol. 125, no. 1, pp. 66-70, 2000.
- [26] E. Madosa, S. Ciulca, G. Velicevici, C. Avadanei, L. Sasu, A. Cioroga and I. Friskan, "Study of correlations between component characters of production capacity of sweet pepper (*Capsicum annuum* L. var. *grossum*)," *Bulletin UASVM, Horticulture*, vol. 65, no. 1, pp. 90-94, 2008.
- [27] E. Elizondo-Cabalceta and J. E. Monge-Pérez, "Pimiento (*Capsicum annuum*) cultivado bajo invernadero: correlaciones entre variables," *Revista Posgrado y Sociedad*, vol. 17, no. 2, pp. 33-60, 2019.
- [28] T. Yattung, R. K. R. Dubey, V. Singh, G. Upadhyay and A. K. Pandey, "Selection parameters for fruit yield and related traits in chilli (*Capsicum annuum* L.)," *Bangladesh Journal of Botany*, vol. 43, no. 3, pp. 283-291, 2014.
- [29] K. Amit, I. Ahad, V. Kumar and S. Thakur, "Genetic variability and correlation studies for growth and yield characters in chilli (*Capsicum annuum* L.)," *Journal of Spices and Aromatic Crops*, vol. 23, no. 2, pp. 170-177, 2014.
- [30] M. Islam, S. Saha, H. Akand and A. Rahim, "Effecto of spacing on the growth and yield of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.)," *Journal of Central European Agriculture*, vol. 12, no. 2, pp. 328-335, 2011.
- [31] F. Sánchez-del Castillo, E. C. Moreno-Pérez, F. J. Martínez-Gaspar, M. T. Colinas-León and J. A. Ramírez-Árias, "Efecto de la disposición de hileras de plantas en los componentes de rendimiento de pimiento morrón," *Revista Chapingo Serie Horticultura*, vol. 23, no. 3, pp. 147-161, 2017.
- [32] G. Bhuvaneswari, R. Sivaranjani, S. Reetha and K. Ramakrishan, "Application of nitrogen fertilizer on plant density, growth, yield and fruit of bell peppers," *International Letters of Natural Sciences*, vol. 13, pp. 81-90, 2014.
- [33] M. H. Aminifard, H. Aroiee, S. Karimpour and H. Nemati, "Growth and yield characteristics of paprika pepper (*Capsicum annuum* L.) in response to plant density," *Asian Journal of Plant Sciences*, vol. 9, no. 5, pp. 276-280, 2010.
- [34] R. L. Grijalva-Contreras, R. Macías-Duarte and 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, no. 3, pp. 3-10, 2008.
- [35] R. Rotondo, M. C. Mondino, J. A. Ferratto, R. Grasso and 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, no. 53, pp. 5-9, 2003.
- [36] 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, no. 11, pp. 77-83, 2012.
- [37] F. E. Vicente-Conesa and 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," in *31 Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura, 2001*, Almagro, Ciudad Real, España, 2004.
- [38] J. E. Monge-Pérez and M. Loría-Coto, "Producción de chile dulce en invernadero: correlación entre densidad de siembra y variables de rendimiento," *Tecnología en Marcha*, vol. 34, no. 2, pp. 161-177, 2021.
- [39] J. D. Gamayo, "El cultivo protegido de pimiento," in *Pimientos*, vol. 9, Reus, España, Ediciones de Horticultura, 1996, pp. 33-40.
- [40] R. Hernández, C. Fernández and M. P. Baptista, *Metodología de la investigación*, 6a ed., México D.F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores, 2014, p. 600.
- [41] S. Cebula, "Optimization of plant and shoot spacing in greenhouse production of sweet pepper," *Acta Horticulturae*, vol. 412, pp. 321-329, 1995.

- [42] N. Cruz-Huerta, F. Sánchez, J. Ortiz and M. C. Mendoza, "Altas densidades con despunte temprano en rendimiento y período de cosecha en chile pimiento," *Agricultura Técnica en México*, vol. 35, no. 1, pp. 70-77, 2009.
- [43] 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.
- [44] R. C. Reséndiz-Melgar, E. C. Moreno-Pérez, F. Sánchez-Del Castillo, J. E. Rodríguez-Pérez and A. Peña-Lomelí, "Variedades de pimiento morrón manejadas con despunte temprano en dos densidades de población," *Revista Chapingo Serie Horticultura*, vol. 16, no. 3, pp. 223-229, 2010.
- [45] 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, no. 11, pp. 1742-1748, 2012.
- [46] 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.