

ARREGLOS ESPACIALES PARA INCREMENTAR PRODUCTIVIDAD DEL PIMIENTO (*CAPSICUM ANNUUM* L.) 'LICAL' EN ORGANOPONÍA SEMIPROTEGIDA.

Lissett Gutiérrez Hernández, Noel Arozarena Daza, Alfredo Lino Brito, Melba Cabrera Lejardi y Sonia Álvarez Encinosa.

RESUMEN

En condiciones de organoponía semiprotegida se evaluó la incidencia de la densidad de plantación en la respuesta fisiológica de pimiento (*Capsicum annuum*, L.) 'Lical'. Los experimentos se realizaron durante dos campañas en la época óptima del cultivo. Se estudiaron tres arreglos espaciales: 11 plantas/m² (densidad propuesta en el manual técnico del cultivar en condiciones de organoponía semiprotegida); 8 y 6 plantas/m². Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre las densidades de plantación estudiadas en cuanto a los indicadores de altura y número de hojas. Ambos parámetros tuvieron la misma tendencia sin embargo al aumentar la densidad de plantación las plantas incrementaron su altura, dado fundamentalmente por el alongamiento de los entrenudos. También existió solapamiento de las hojas, aspecto que incidió directamente en las tasas relativa de crecimiento (TRC) y de asimilación neta (TAN), al encontrarse los mayores valores con la distancia de 40 cm entre plantas. Quedó demostrado que el mejor comportamiento agrofisiológico del cultivar 'Lical' en condiciones de organoponía semiprotegida se alcanza con la densidad de plantación de 8 plantas/m² alcanzando rendimientos de 4.2 ± 0.3 kg/m², superando considerablemente al testigo de producción.

Palabras clave: densidad de plantación, pimiento, organoponía semiprotegida.

Space arrangements to increase productivity of the pepper (*Capsicum annuum* L.) 'Lical' in covered organoponic.

ABSTRACT

The incidence of the plant density under conditions of covered organoponic was evaluated the physiologic answer of pepper (*Capsicum annuum*, L.) 'Lical'. The experiments were carried out during two campaigns in the optimum season of the cultivation, where three design arrangements were studied: 11 plants/m², density proposed in the technical manual of the organoponic; 8 and 6 plants/m². The results showed differences statistically significant among the plantation densities

MSc. Lissett Gutiérrez Hernández, Investigador Auxiliar del Grupo de Fisiología Vegetal del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT), Cuba, e-mail: fradioquimica@inifat.co.cu

studied as for the indicators of height and number of leaves. Both parameters had the same tendency however when increasing the plantation density the plants they increase their height, given by the elongation of the internode, although at the same time occur the overlap of the leaves, aspect that impacts directly in the relative rates of growth and the net assimilation, when reaching the biggest values with the distance of 40 cm among plants. It was demonstrated that the best behavior agrophysiological of cultivating 'Lical' under conditions of covered organoponic is reached with the density of plantation of 8 plants/m² reaching yields of 4.2 ± 0.3 kg/m².

Key words: plantation densities, pepper, covered organoponic.

INTRODUCCIÓN

Con el desarrollo de la agricultura urbana, suburbana y familiar en Cuba se extienden a lo largo de todo el territorio nacional más de 450 unidades de organoponía semiprotegida, (Companioni, 2014). Esta tecnología se distingue por el uso o colocación de tendales para disminuir la incidencia de la radiación solar. También está llamada a garantizar las producciones hortícolas y asegurar su suministro fresco durante todo el año, principalmente en los períodos en que la oferta de la producción proveniente del campo abierto resulta limitada, como es el caso de la época de verano. (Rodríguez Nodals *et al.*, 2011).

En estas instalaciones se siembran diferentes cultivares de pimiento (*Capsicum annuum*, L.), en la que el cultivar 'Lical' goza de gran aceptación por la población, por ser un pimiento cuadrado del tipo California Wonder. Sin embargo en estas condiciones aún no se logra alcanzar los rendimientos reportados por el obtentor (Rodríguez, 2013).

En el caso del pimiento existen evidencias de que en las condiciones creadas con el empleo

de agrotexiles en la protección de las plantaciones, se inducen cambios en la actividad fisiológica. En estudios precedentes se demostró la necesidad de profundizar en aspectos como la densidad de plantación en la agrotecnología para lograr incrementar la productividad en estas condiciones. (Arozarena *et al.*, 2009). Por lo que el objetivo del trabajo fue evaluar el comportamiento fisiológico y productivo del cultivar 'Lical' en organoponía semiprotegida a diferentes densidades de plantación durante la época óptima.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la época óptima del pimiento (*Capsicum annuum* L.) 'Lical', se desarrollaron experimentos al unísono en los organopónicos semiprotegidos de "La Catuca" de la Empresa de Aseguramiento y Servicios, del Ministerio de la Agricultura (MINAG) y "Van Troi" de la Empresa Hortícola Metropolitana, ambos pertenecientes al municipio Boyeros, La Habana. Los datos climatológicos se tomaron en la Estación Meteorológica de Santiago de las Vegas,

ubicada en la sede del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” (INIFAT) perteneciente al MINAG, situado en la localidad de Santiago de las Vegas; municipio Boyeros, provincia La Habana.

Las semillas de pimiento ‘Lical’ se suministraron por el Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova” para garantizar la calidad, estabilidad y pureza del cultivar. Las posturas se sembraron en canteros con una superficie cultivable de 27,6 m². Todos los experimentos se condujeron sobre sustrato organopónico enriquecido con estiércol vacuno como materia orgánica para

garantizar la nutrición en estas condiciones, según lo recomendado por Rodríguez Nodals *et al.* (2011).

Las posturas se sembraron a cuatro hileras y con tres densidades de plantación, las que se muestran en la Tabla 1.

La dinámica de crecimiento se midió mediante los indicadores morfofisiológicos de: altura de las plantas, el número de hojas y las tasas relativa de crecimiento (TRC) y de asimilación neta (TAN) y el índice de área foliar (IAF), mediante las ecuaciones citadas por Barrera *et al.* (2010), Ramos (2014) y Maqueira (2014).

Tabla 1.- Distancia lineal entre plantas (cm) y densidad de plantación (plantas/m²), utilizadas en los experimentos.

Distancia entre plantas (cm)	Densidad de plantación (plantas/m ²)
30 (A)	11
40	8
50	6

(A) Testigo de producción para el cultivar ‘Lical’ según el Manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida.

Las mediciones se realizaron en 10 plantas por tratamientos. Los indicadores del rendimiento fueron: el largo, ancho y masa de los frutos cosechados; así como, el rendimiento por planta y por superficie cultivada, se tuvo en cuenta los frutos que alcanzaron la madurez fisiológica en tres áreas de 1 m² definidas en cada cantero en que se establecieron las variantes en estudio.

En el procesamiento de los datos se empleó la estadística descriptiva y el análisis de varianza de clasificación doble, en atención a la variabilidad entre sitios y canteros, con la comparación de medias según prueba de Fisher para nivel de confianza del 95%. Se utilizaron el programa *Microsoft Excel* 2013 y el paquete estadístico *STATGRAPHICS Plus* 5.1, todos en ambiente Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los procesos fisiológicos del crecimiento y desarrollo de los cultivos inciden un gran número de variables que contribuyen a retardarlo o acelerarlo. Algunos autores coinciden en que la densidad de plantación es un factor importante, que influye en el rendimiento de las plantas (Viloria *et al.*, 2001; Russo, 2003 y García y Lugo, 2006). Un manejo en la densidad de plantación puede contribuir a desbalancear positivamente la competencia incrementando los rendimientos. El crecimiento de las plantas es un proceso fisiológico complejo, que depende directamente de la fotosíntesis, la respiración, la división celular, el alargamiento de los entrenudos, la diferenciación, entre otros, además se considera un factor importante la densidad de población.

Las curvas de la dependencia de la altura en el tiempo del crecimiento del pimiento Lical en organoponía semiprotegida con diferentes densidades de plantación se recogen en el Figura 1.

Inicialmente en el pimiento la altura aumentó paulatinamente y posteriormente lo hizo a mayor ritmo, de igual forma se reportó por Heige (1987), quien además la describe como una tendencia normal en el cultivo. Se evidenció que independientemente de la densidad de plantación la tendencia en el comportamiento de la altura del cultivar Lical fue similar en todos los tratamientos. Estos resultados coinciden con los publicados por Azofeifa y Moreira (2005) que refieren que esta variable parece ser poco afectada por factores ambientales. La duración de la etapa vegetativa fue alrededor de 30 días después del trasplante (ddt).

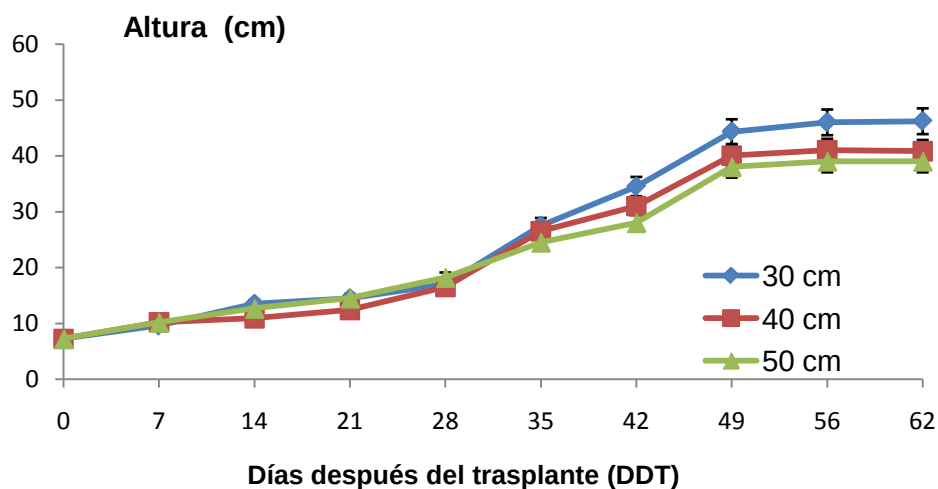


Figura 1.- Dinámica de la altura (cm) de plantas de pimiento 'Lical' en organoponía semiprotegida como respuesta a diferentes densidades de plantación en época óptima. [n = 6 datos promediados por fecha de muestreo].

La fase reproductiva comenzó a partir de los 30-35 ddt. Durante este período el comportamiento de la altura se describe como una sigmoide, encontrándose que a medida que aumenta la densidad de plantación la altura del pimiento 'Lical' se hace mayor, como se observa en la Figura 1. A pesar de este incremento se demostró que no existió variación en el número de entrenudos, por lo que el aumento de la altura estuvo condicionado por el alargamiento de los mismos, debido a la competencia intraespecífica por el espacio, radiación solar, agua y nutrientes, ocasionada por el incremento de la densidad de plantación (Aguilar García *et al.*, 2005).

El comportamiento del número de hojas en el cultivar 'Lical' sembradas a diferentes densidades de plantación se describe en el Figura 2.

Este indicador es sumamente importante pues la hoja es el órgano principal en que se producen fotoasimilados que posteriormente se traslocarán hacia los órganos en crecimiento, donde los frutos actúan como sumideros de estas fuentes de alimentos y energía.

El comportamiento en el número de hojas fue similar al encontrado en la dinámica de la altura, este indicador mostró la misma tendencia independientemente de la densidad de plantación.

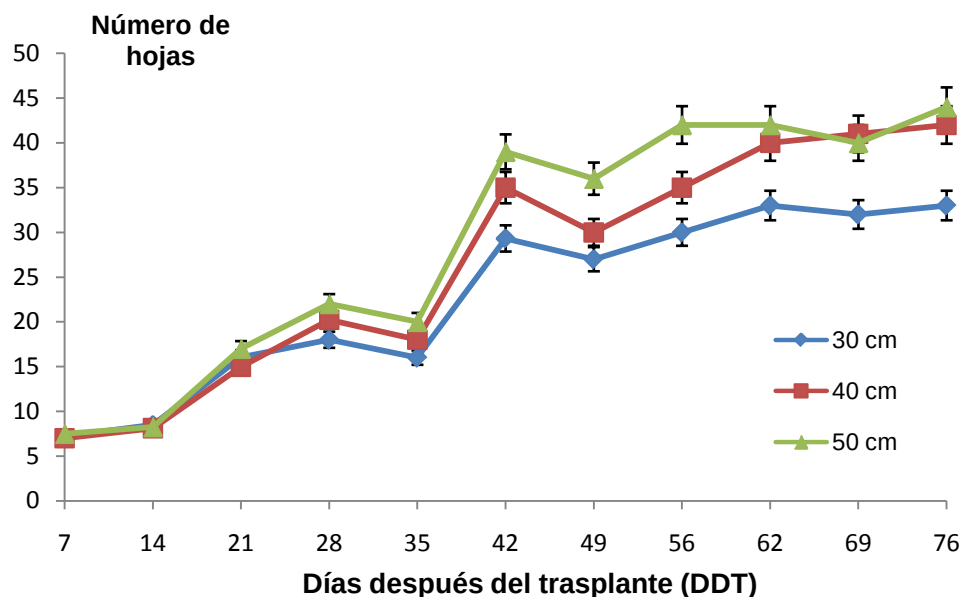


Figura 2.- Número de hojas en plantas de pimiento 'Lical' en organoponía semiprotegida como respuesta a diferentes densidades de plantación en época óptima. [n = 6 datos promediados por fecha de muestreo].

Durante la fase vegetativa tampoco hubo diferencias significativas en el número de hojas en las tres distancias de siembra. En la etapa reproductiva se encontró que en las distancias de 40 cm y 50 cm entre las plantas la producción de follaje fue superior a la encontrada con la distancia de 30 cm entre plantas, aspecto que repercutió en los indicadores fisiológicos descritos más adelante.

En el estudio del índice de área foliar (IAF), importante parámetro en el aprovechamiento de la radiación solar y en la eficiencia fotosintética del cultivo, se encontró que a los 30 ddt el área foliar no tuvo igual

comportamiento con la distancia de siembra. En esta etapa fenológica el cultivo fue más eficiente con la distancia de 30 cm entre las plantas, donde las mismas hicieron un mayor aprovechamiento de la superficie cultivable, como se aprecia en la Tabla 2. Si bien es cierto que al disminuir la densidad de plantación el área foliar del cultivar 'Lical' aumentó, esto no representó un incremento proporcional en el IAF, a pesar de que hubo una mayor intercepción de la radiación solar por planta. Se evidenció la necesidad de establecer una densidad de plantación adecuada con la que se logre un aprovechamiento óptimo del espacio

Tabla 2.- Comportamiento del índice de área foliar (IAF) en el pimiento cultivar 'Lical', sembrado en época óptima, en diferentes fases y distancias de plantación.

Distancia entre plantas	IAF	
	Fase vegetativa (30 ddt)	Fase reproductiva (50 ddt)
30 cm	0.14 ± 0.01 a	1.46 ± 0.15 a
40 cm	0.11 ± 0.01 b	1.28 ± 0.01 ab
50 cm	0.10 ± 0.01 b	1.22 ± 0.11 b

Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas $p < 0.05$.

cultivable y que el vegetal alcance una mejor respuesta fisiológica que se manifieste en los rendimientos (Cebula, 1995).

El análisis de crecimiento mediante índices de eficiencia fisiológica (la tasa relativa de crecimiento, TRC; la tasa de asimilación neta, TAN y el IAF), permiten estimar las relaciones fuente-sumidero. En la fase reproductiva la

planta invierte cantidades altas de fotoasimilados para la producción del fruto y la parte vegetativa. La planta limita el crecimiento vegetativo en la etapa de fructificación, especialmente en el período en que los frutos presentan las mayores tasas de crecimiento (Azofeifa y Moreira, 2008). Por lo que en el presente estudio se profundizó en el

comportamiento de algunos indicadores fisiológicos que inciden en el rendimiento del pimiento 'Lical' (Tabla 3).

En la fase reproductiva del pimiento 'Lical' sembrado a la distancia entre plantas de 30 cm se obtuvo los menores valores de la TAN. Este comportamiento reafirma lo encontrado en el estudio de la altura y con el alargamiento de los entrenudos, coincidiendo a su vez con

la descripción del hábito de crecimiento voluble reportado por Nuez *et al.* (2003), quien plantea que ésta disposición reduce la capacidad de interceptar radiación fotosintéticamente activa (PAR, del inglés photosintetic active radiation) en un nivel superior al 40%. Al incrementarse el IAF existió solapamiento entre las plantas, lo que se acrecienta aún más este fenómeno.

Tabla 3.- Comportamiento de la TRC (g.día^{-1}) y la TAN ($\text{mg.cm}^{-2}.\text{día}^{-1}$), en plantas de pimiento cultivar 'Lical' en la fase vegetativa y fase reproductiva.

Distancia entre plantas	Fase vegetativa		Fase reproductiva	
	TRC (g.día^{-1})	TAN ($\text{mg.cm}^{-2}.\text{día}^{-1}$)	TRC (g.día^{-1})	TAN ($\text{mg.cm}^{-2}.\text{día}^{-1}$)
30 cm	1.45 ± 0.72 a	0.44 ± 0.12 b	1.51 ± 0.02 b	0.36 ± 0.17 c
40 cm	1.52 ± 0.17 a	1.38 ± 0.20 a	2.07 ± 0.02 a	0.83 ± 0.11 a
50 cm	1.43 ± 0.12 a	0.63 ± 0.10 b	2.02 ± 0.01 a	0.51 ± 0.12 b

Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas $p < 0.05$.

Como se observa en la Tabla 4 al aumentar la distancia de plantación la masa de los frutos también aumenta, lo que pudiera explicarse por la mayor disponibilidad de nutrientes y de humedad que se asimila por las raíces de esta especie, beneficiando además la traslocación de estos nutrientes hacia el sumidero (fruto), según Cruz *et al.* (2005), ya que cuando hay mayor densidad de plantas se incrementa la competencia entre ellas por la radiación y los nutrientes. Sin embargo, con el aumento de la distancia entre plantas el número de frutos no se incrementa, aspecto que pudiera ser consecuencia de que no existió en estas condiciones el abasto necesario de nutrientes

para garantizar una floración y fructificación adecuada. Tampoco conllevó al incremento del número de frutos por plantas ni incidió considerablemente en los rendimientos. Las mejores características de los frutos se obtuvieron con las mayores distancias entre plantas (40 y 50 cm). Sin embargo, a pesar de que con la menor densidad de plantas hay menor competencia en la búsqueda de nutrientes, lo que puede justificar la obtención de frutos con mayor calidad en cuanto a tamaño y peso, la cantidad de frutos por plantas en estas condiciones fue significativamente inferior.

Este aspecto incidió en la obtención de bajos rendimientos en este tratamiento. Como se observó anteriormente con la distancia de 40 cm se logró el mayor valor en la tasa de asimilación neta, aspecto que se corroboró en los resultados alcanzados en el rendimiento.

Se demuestra que el mejor comportamiento agrofisiológico del cultivar 'Lical' en condiciones de organoponía semiprotegida se alcanza con la distancia de 40 cm entre plantas, además con esta distancia se garantiza un área superficial adecuada para el desarrollo de cultivos de intercalamiento proyectados con la agrotecnología.

Tabla 4.- Indicadores del rendimiento del pimiento Lical en condiciones de organoponía semiprotegida sembrado a diferentes distancias entre plantas.

Distancias	Masa fresca de los frutos (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Número de frutos/plantas	Rendimiento (kg/m ²)
30 cm	70.4 ± 10.5 b	6.3 ± 2.1 b	4.4 ± 2.5 b	4.2 ± 1.3 b	2.6 ± 0.4 b
40 cm	85.1 ± 9.7 ab	8.4 ± 1.3 a	6.1 ± 0.9 a	6.8 ± 0.9 a	4.2 ± 0.3 a
50 cm	92.3 ± 9.7 a	8.2 ± 2.4 a	6.8 ± 1.7 a	3.1 ± 1.4 c	2.8 ± 0.5 b

Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas $p < 0.05$.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar García, L.; Escalante Estrada, J. A.; Fucikovsky Zak, L.; Tijerina Chávez L.; Mark Engleman, E. (2005): Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol. TERRA Latinoamericana, Vol. 23, Num. 3. 2005, pp 303-310. Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Arozarena, N.; Lino, A.; Pérez, R.; Gil, J.; Ramos, H.; Fernández, J.; Creagh, B.; Croche, G.; Alvarez, S.; Socas, U.; Mesa, E.; Sánchez, D.; Díaz, M. (2009): Cultivo de especies hortícolas en organoponía semiprotegida: densidad de

siembra y manejo nutrimental. Agrotecnia de Cuba, 33(1): 95-101.

Azofeifa, A. y Moreira, M.A. (2008): Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. Hot) en Alajuela, Costa Rica. Agronomía Costarricense, 32(1): 19-29. ISSN: 0377-9424

Barrera, J.; Suarez, D. y Melgarejo, L.M. (2010): Experimentos de Fisiología Vegetal. Análisis de crecimiento en plantas. Laboratorio de fisiología y bioquímica vegetal. Departamento de biología. Universidad Nacional de Colombia.

- Cebula, S. (1995): Optimization of plant and shoot spacing in greenhouse production of sweet pepper. *Acta Horticultura*, 412: 321-329.
- Companioni, N. (2014): Informe de la producción en organoponía semiprotegida. Comunicación personal. INIFAT
- Cruz, H. N.; Ortiz, C. J.; Sánchez, C. F.; Mendoza, C. M. C. (2005): Biomasa e índices fisiológicos en chile morrón cultivados en altas densidades. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 28: 287-293.
- Rodríguez, Y. (2013): Comportamiento del cultivar 'Lical'. Comunicación personal.
- García, J., Z. Rodríguez y L. Lugo (2006): Efecto del cultivar y la distancia entre plantas sobre el comportamiento agronómico y rendimiento del melón. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 23 (4):448-458.
- Heige, D.M. (1987): Growth analysis of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) in relation to soil moisture and nitrogen fertilization. *Scientia Horticulturae*, 33:179-187.
- Maqueira, L. A. (2014): Relación de los procesos fisiológicos del desarrollo y de las variables meteorológicas, con la formación del rendimiento en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en Los Palacios, Pinar del Río. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas.
- Nuez, F., G. Ortega y J. Costa (2003): El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ed. Mundi-prensa. Madrid, España. 95 pp.
- Ramos, L. (2014): Uso de PectiMorf®, FitoMas-E e inóculos microbianos para el enraizamiento de esquejes y el crecimiento de posturas de guayaba (*Psidium guajava*, L.) 'Enana Roja Cubana'. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas.
- Rodríguez Nodals, A. *et al.* (2011): Manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida –La Habana: ACTAF/INIFAT, 208 pp. Séptima Edición.
- Russo, V.M. (2003): Planting date and plant density affect yield of pungent and nonpungent jalapeños peppers. *HortScience*, 38(4):520-523.
- Viloria de Z., A., L. Arteaga de R. y L.T. Díaz T. (2001): Crecimiento del pimentón (*Capsicum annum* L.) en respuesta a diferentes niveles de N P K y densidad de siembra. *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.*, 43:24-29.
- Fecha recibido: 18 de febrero de 2014.
Fecha aceptado: 20 de julio de 2014.