

Influencia del tratamiento de semillas con láser de baja potencia en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.)

Effect of seed treatment with low-potency laser in peppers plants (*Capsicum annuum* L.)

Alexander Álvarez Fonseca, Licet Chávez Suárez y Ramiro Ramírez Fernández

*Centro de Investigaciones, Servicios y Tecnologías Ambientales de Granma, Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov" Carretera vía Manzanillo Km 16 1/2, Bayamo, Granma. Cuba.

E-mail: alexanderf@dimitrov.cu

RESUMEN. Se estudió la influencia del tratamiento de semillas con radiación láser de baja potencia sobre algunos parámetros fisiológicos y el rendimiento del cultivar de pimiento California Wonder. Las semillas se irradiaron con un equipo láser de He-Ne, potencia 25 mW, y diferentes periodos de exposición: 5, 10, 20, 30 y 60 segundos, además fueron empleadas semillas no irradiadas como control. Se evaluó la altura de las plantas (mm), longitud de la raíz (mm), diámetro del tallo (mm), diámetro medio polar de los frutos (mm), diámetro medio ecuatorial de los frutos (mm), masa promedio de los frutos (g) y rendimiento por planta (kg.planta⁻¹). Los resultados indicaron un incremento significativo ($p < 0.001$) en los indicadores; altura de las plantas (50 %), longitud de la raíz (13 %), diámetro del tallo (17 %), diámetro medio ecuatorial (7 %), masa promedio de los frutos (13 %) y rendimiento por plantas (67 %), respecto al control.

Palabras clave: hortalizas, rendimiento, indicadores fisiológicos, radiación láser, pimiento.

ABSTRACT. The influence of seed treatment with low-potency laser radiation on some physiological parameters and yield of peppers plants, California Wonder variety, was studied. The seeds were irradiated with a laser He-Ne, 25 mW powers, at different exposure periods 5, 10, 20, 30 and 60 seconds, using untreated seeds as controls. We evaluated plant height (mm), root length (mm), stem diameter (mm), polar average diameter (mm) equatorial mean diameter (mm), mean fruit mass (g) and yield per plant (kg.plant⁻¹). The results showed a significant increase ($p < 0.001$) in the indicators of plants height (50 %), root length (13 %), stem diameter (17 %), equatorial mean diameter (7 %), mean fruit mass (13 %) and yield per plant (67 %), compared to control.

Key words: vegetables, yield, physiological parameters, laser radiation, peppers.

INTRODUCCIÓN

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es una solanácea originaria de América del Sur. Se cultiva en la mayoría de los países del mundo donde las condiciones ambientales son favorables a su desarrollo. Alcanza una producción mundial de 6 955 t anuales y un rendimiento promedio 4,58 t/ha. En Cuba, constituye una de las principales hortalizas, tanto por el área que ocupa nacionalmente, como por su producción del área total de hortalizas. Este constituye un renglón principal en la exportación. Se cultiva en todas las provincias, siendo las principales productoras La Habana, Pinar del Río y Villa Clara. (Aguilar, 2012)

La tendencia actual en la agricultura es encontrar alternativas que garanticen el incremento en el rendimiento y disminuyan o eliminen el uso de fertilizantes, plaguicidas y reguladores de crecimiento; los que poseen un elevado riesgo de contaminación ambiental (Álvarez *et al.*, 2011a). En este sentido los métodos físicos estimulantes constituyen una alternativa viable para incrementar los rendimientos dentro de la Política de Agricultura Sostenible, además de aprovechar la experiencia acumulada por países como Rusia, Bulgaria, La India, Polonia y Canadá en el tratamiento pre-siembra de semillas con bajas dosis de radiaciones ionizantes, campos

electromagnéticos, el ultrasonido y el láser. (Ramírez, 2006; De Souza *et al.*, 2006; Aladjadjian, 2007; Álvarez, 2010; Álvarez *et al.*, 2011b)

Se ha demostrado que la luz láser de baja potencia induce cambios electroquímicos y bioquímicos en las semillas tratadas, con un posterior incremento

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la Cooperativa de Producción Agropecuaria “Abel Santamaría Cuadrado” en la localidad de Guamá, municipio de Guisa, entre los meses de Noviembre de 2011 hasta Febrero de 2012, considerado óptimo para la producción de hortalizas. Se emplearon semillas de pimiento del cultivar California Wonder, a las cuales se le equilibró la humedad en un intervalo entre un 12-13 %, lo cual se logró al colocar las semillas en una desecadora que contenía una solución de glicerina al 70 %. (Guardia *et al.*, 1995)

Para el tratamiento de las semillas se empleó un láser de He-Ne con 25 mW de potencia, una longitud de onda ($\lambda = 632,8$ nm), mancha de luz de aproximadamente 10 cm² y densidad de potencia de 2.5 mW/cm². Las semillas se irradiaron durante períodos de exposición de 5, 10, 20, 30 y 60 segundos seleccionados a partir de un estudio de fotosensibilidad y se utilizaron semillas no irradiadas como control y 80 semillas por cada tratamiento.

La siembra se realizó en canteros de 1,5 m de ancho y 50 m de largo, usando dos hileras a lo largo del cantero. Las plántulas procedentes de los semilleros

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los tres indicadores del crecimiento evaluados se observó un intervalo de estimulación significativo ($p < 0.001$) con tiempos de irradiación hasta los 30 s. La altura de las plantas mostró valores de estimulación significativos, observándose dos zonas fundamentales de estimulación, una con tiempos de exposición de 5 s y el otro a los 20 s, con un incremento en la altura de las plantas de 20 y 43 % respectivamente con relación al control (figura 1). En el tiempo de exposición 30 s se manifiesta una disminución de la altura de las plántulas y a los 60 s se observó nuevamente un incremento en este indicador.

en la intensidad de la respiración, crecimiento y rendimiento de las plantas. (Muszyński y Gladyszewska, 2008)

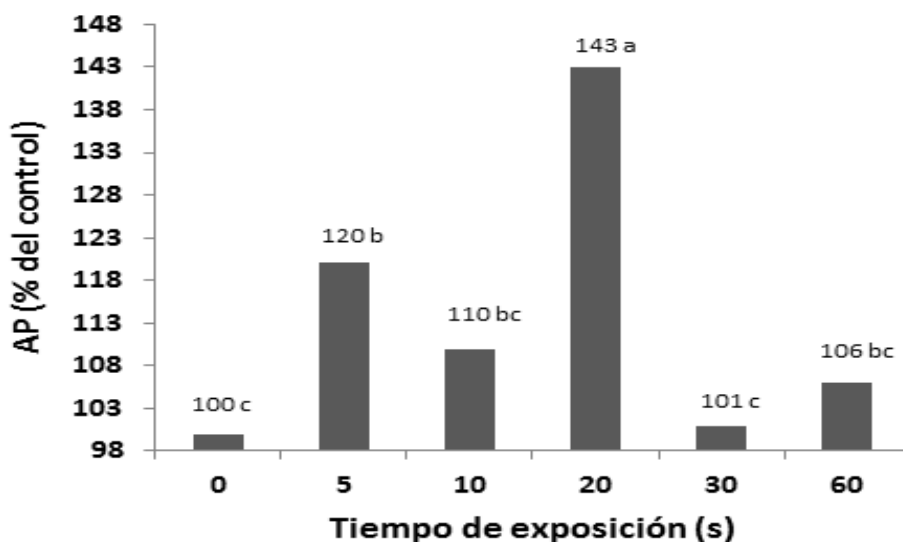
El objetivo de este trabajo es contribuir a incrementar el crecimiento y rendimiento agrícola en plantas de pimiento mediante el tratamiento de semillas con radiación láser de baja potencia.

fueron trasplantadas cuando reunieron los requisitos necesarios establecidos en el instructivo técnico del cultivo. En el área de siembra se siguió estrictamente las recomendaciones metodológicas establecidas en el mismo.

El marco de plantación establecido fue de 0,40 por 0,40 m y las variantes experimentales se distribuyeron de acuerdo a un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron los indicadores altura de las plántulas, longitud de la raíz principal, diámetro del tallo, número de frutos por plantas, masa promedio de los frutos y rendimiento por plantas.

Se empleó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la normalidad de los datos y de Bartlett para la homogeneidad de varianzas (Yandell, 1997). Los datos fueron evaluados por un análisis de varianza de clasificación doble para determinar los efectos de la radiación láser de baja potencia comparados con el control. En las comparaciones múltiples de medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Newman-Keuls (Stell y Torrie, 1992). Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete Statistics V 8.0 para Windows.

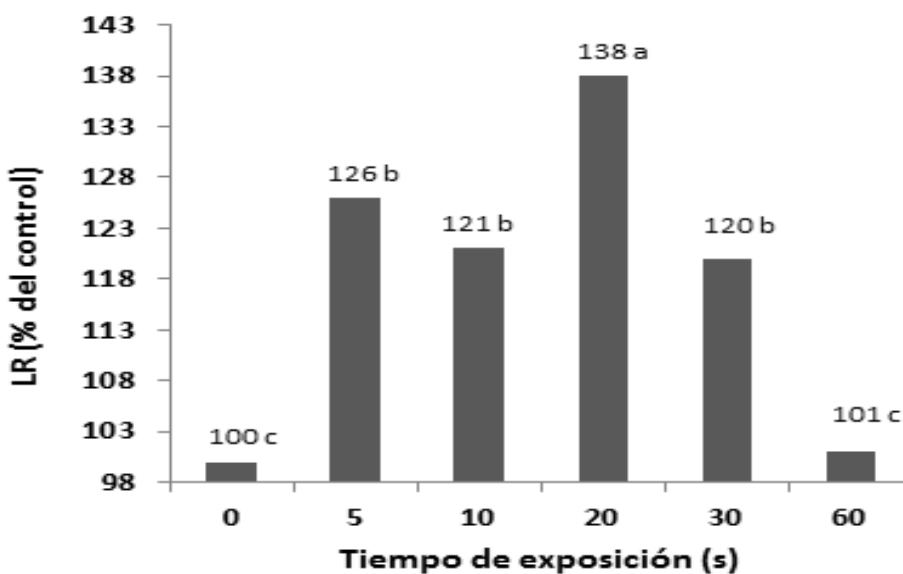
Un comportamiento similar se observó en el indicador longitud de la raíz principal (Figura 2). En el mismo se manifestaron dos zonas fundamentales de estimulación, una a los 5 s de exposición (26 % referente al control) y la otra a los 20 s con un valor máximo de estimulación de 38 % respecto al control. Los tiempos de exposición 10 y 30 segundos también fueron estimulados con valores máximos de 23 y 20 % respectivamente pero en 60 s no se observaron cambios significativos.



CV (Datos originales): 8,51 AP: altura de las plántulas ES: error estándar

ES (Datos originales): $\pm 1,96$

Figura 1. Influencia del tratamiento de semillas con láser de baja potencia sobre la altura de las plántulas en el cultivo del pimiento



CV (Datos originales): 12,16 LR: longitud de la raíz principal ES: error estándar

ES (Datos originales): $\pm 0,41$

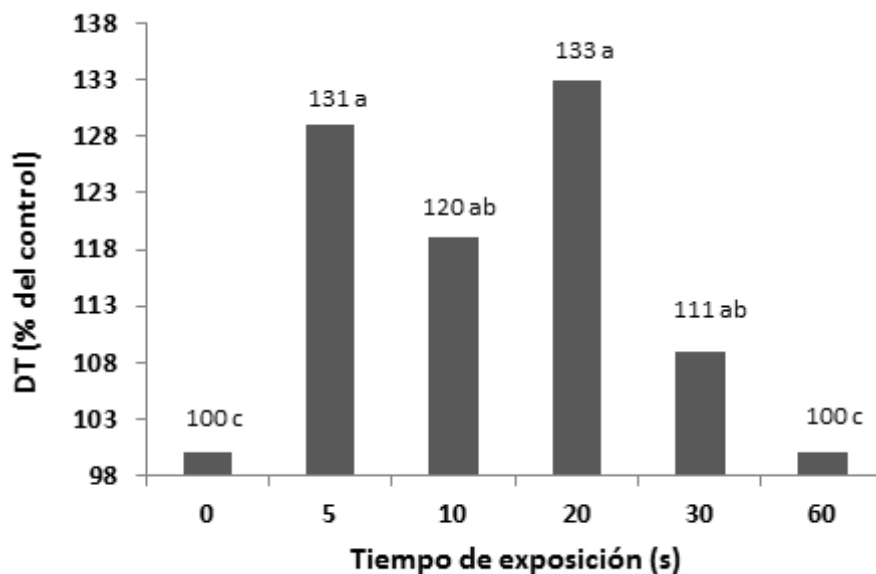
Figura 2. Influencia del tratamiento de semillas con láser de baja potencia sobre la longitud de la raíz principal en el cultivo del pimiento

En el diámetro del tallo (Figura 3) se constató la existencia de una zona de estimulación con valores significativos ($p < 0,001$) en el rango de dosis comprendido entre 5-30 segundos. La dosis más efectiva se obtuvo a los 20 s de exposición a la luz láser que conllevó a incrementos del 33 % en este indicador, y la de 5 s con un incremento del 28 % respecto al control. Posterior al tiempo de exposición 30 s no fueron observadas diferencias significativas entre los tratamientos y el control.

Un comportamiento similar lo obtuvo Aladjadjian, (2007) al tratar semillas de tomate con radiación láser de baja potencia, donde logró un incremento del crecimiento superior al 25 %. Este autor refiere que la estimulación depende de la longitud de onda, de la fuente de irradiación y del tiempo de exposición. También, Cepero *et al.* (2002) y Chen *et al.* (2005a) obtuvieron resultados similares al tratar semillas de hortalizas con radiación láser de baja potencia. Según estos autores la irradiación

láser de baja potencia tiene la capacidad de provocar efectos fisiológicos que se manifiestan desde las etapas iniciales del crecimiento de las plántulas, en

correspondencia con los tiempos de exposición, la potencia de la fuente de irradiación y la influencia de algunos factores externos.



CV (Datos originales): 11,23 DT: diámetro del tallo ES: error estándar

ES (Datos originales): $\pm 0,065$

Figura 3. Influencia del tratamiento de semillas con láser de baja potencia sobre el diámetro del tallo en el cultivo del pimiento

El incremento observado en los indicadores del crecimiento de las plantas por efecto del tratamiento láser pudiera estar relacionado con la influencia que ejerce este agente físico sobre la actividad general de las enzimas, fundamentalmente en las polifenoloxidasas, superóxido dismutasas y catalasas; las cuales juegan un papel importante en el crecimiento de las plantas. (Chen *et al.*, 2005b)

Los resultados mostraron que el tratamiento de las semillas con rayos láser provocó un efecto estimulante significativo ($p < 0.001$) en el rendimiento y algunos de los componentes evaluados (Tabla 1). El diámetro medio polar de los frutos mostró en todos los tratamientos diferencias altamente significativas con relación al control. El mejor comportamiento se manifestó en T1 (5 s) y T3 (20 s), con un incremento en este indicador del 59 y 52 % respectivamente.

El diámetro medio ecuatorial de los frutos mostró en los tratamientos T1 y T3 diferencias significativas ($p < 0.001$) con relación al control. Ambos fueron los tratamientos donde más se estimularon e

incrementaron este indicador en 28 y 46 %. También existieron diferencias significativas ($p < 0.001$) en el número de frutos por plantas con relación al control. Los tratamientos más estimulados fueron T1 y T3 que incrementaron este indicador en 57 y 67 % respectivamente. Igualmente la masa promedio de los frutos (peso de los frutos) fue superior al control en todos los tratamientos aplicados con valores máximos de 18 % en las plantas provenientes de semillas tratadas durante 20 s (T3) con la luz láser.

En la producción agrícola por plantas se incrementaron los rendimientos en todos los tratamientos con la luz láser siendo T1, T2 y T3 los que más estimularon este indicador.

Otros autores como Chen *et al.* (2005b) refieren que la luz láser incrementa la actividad enzimática, lo que se garantiza el acceso más rápido y completo de las sustancias nutritivas al embrión, la aceleración del ritmo de la división celular y la activación y estimulación de los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas, por lo que se crean las bases para lograr una mayor productividad.

Tabla . Efecto del tratamiento de semillas con láser de baja potencia sobre el rendimiento y algunos de sus componentes en plantas de pimiento

Tiempo de exposición(s)	DMP		DME		NFP		PF		RPP	
	mm	%	mm	%	U	%	g	%	Kg.pta ⁻¹	%
0 (T _C)	63,5 c	-	51,2 c	-	5,2 b	-	308,2 c	-	1,58 c	-
5 (T ₁)	101,2a	159	65,5 b	128	8,2 a	157	346,5 b	112	2,82 ab	178
10 (T ₂)	71,5bc	112	50,5 c	98	7,7 a	148	339,2 b	110	2,60 b	164
20 (T ₃)	96,7 a	152	75,0 a	146	8,7 a	167	363,5 a	118	3,12 a	197
30 (T ₄)	78,2 b	123	58,7 bc	115	6,2 b	119	337,0 b	109	1,97 c	125
60 (T ₅)	79,0 b	124	57,0 bc	111	5,2 b	100	335,5 b	109	1,77 c	112
ES	±1,32***		±1,15***		±0,13***		±1,11***		±0,046***	
CV	17,97		16,57		22,11		5,12		26,39	

***p ≤ 0,001

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas (pd^{**}0,001) según Newman Keuls.

DMP: diámetro medio polar de los frutos

DME: diámetro medio ecuatorial de los frutos

NFP: número de frutos por plantas

PF: peso de los frutos

RRP: rendimiento por plantas

CV: coeficiente de variación

ES: error estándar

Muszyński y Gladyszewska, (2008) describen que la luz láser induce cambios electroquímicos y bioquímicos en las semillas tratadas que posteriormente conllevan a efectos estimulantes durante el crecimiento y rendimiento de las plantas.

Este comportamiento puede ser atribuido a que los bajos niveles de energía aplicados a las semillas constituyen una forma de mensaje o energía utilizable por las células para la realización de sus funciones y a la producción de algunos fenómenos bioquímicos como el aumento de la producción de ATP intracelular, la estimulación de la síntesis de ADN, síntesis proteica y enzimática (denominado efecto fotoquímico) (Chen *et al.*, 2005b); ó a la normalización del potencial de las membranas en las células irradiadas, lo que actúa de forma directa sobre la movilidad iónica y, de forma indirecta, sobre el incremento del ATP producido, necesario para hacer funcionar la bomba sodio-potasio (denominado efecto fotoeléctrico). (Álvarez, 2010)

CONCLUSIONES

1. La evaluación de los indicadores de crecimiento mostraron la presencia de dos zonas de estimulación en la altura de las plantas y una en la longitud de la raíz y el diámetro del tallo.

Los patrones de respuesta en este trabajo pueden ser explicados en base a la acción biológica que ejerce este método. Se ha determinado que la luz roja tiene un efecto estimulante y que las longitudes de onda correspondientes al infrarrojo actúan de forma inhibitoria, llegándose a la conclusión de que éste es un proceso de carácter reversible, en el que interviene el pigmento fitocromo (Álvarez *et al.*, 2011a). Existen dos formas del pigmento fitocromo: una que absorbe preferentemente la luz roja (Pr) y otra que preferiblemente absorbe la infrarroja (Pfr). Estas dos formas se transforman una en otra. Bajo la acción de la luz roja del láser, el Pr se transforma en Pfr, forma activa del fitocromo que realiza el control sobre la velocidad del intercambio de las sustancias en las semillas y plantas, además de ser el responsable de muchas etapas en la morfogénesis. Este control al principio consiste en la activación de enzimas y algunas hormonas, fundamentalmente el ácido giberélico. En la práctica, esto se refleja en un incremento del poder germinativo, una aceleración del desarrollo de las plantas y un aumento de los rendimientos. (Wilezek *et al.*, 2004).

2. La radiación láser de baja potencia incrementó significativamente todos los indicadores del crecimiento con tiempos de exposición de 5, 10, 20 y 30 segundos; los mayores valores de

estimulación en la altura de la plantas (43%) se alcanzan con un tiempo de exposición de 20 s.

3. La radiación láser de baja potencia incrementó significativamente el rendimiento y los componentes

evaluados en todos los tiempos de exposición, el mejor comportamiento correspondió al tratamiento con 20 s con un incremento de 97 % en el rendimiento por planta seguido por el tratamiento 5 s (78 %) y el tratamiento 10 s (64 %).

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar, C.: Efecto del tratamiento de semillas con radiación láser de baja potencia en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.). Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Granma, Granma, Cuba, 2012, 33p.
2. Aladjadjyan, A.: The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria. *Journal Central European Agricultura*. 8(3): 369-380; 2007.
3. Álvarez, A.: Efecto del tratamiento de semillas con láser de baja potencia en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Agropecuario. Universidad de Granma, Granma, Cuba, 2010, 30p.
4. Álvarez, A.; R. Ramírez; L. Chávez; Y. Camejo; L. Licea; E. Porras; B. García: Efectos del tratamiento de semillas con láser de baja potencia sobre el crecimiento y rendimiento en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *ITEA*, Vol. 107(3), 260-269, 2011a.
5. Álvarez, A.; R. Ramírez; L. Chávez; Y. Camejo: Efectos del tratamiento de semillas con láser de baja potencia en un híbrido de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista electrónica Granma Ciencia*. Vol. 15, no. 2. 2011b. ISSN 1027-975X.
6. Cepero, A.; R. Mesa; M. García; J. Suárez: Efecto de la radiación láser en semillas de *Albizia lebleck*. I Fase de semillero. *Pastos y Forrajes*, 25: 181-187; 2002.
7. Chen Y.P.; M. Yue; X.L. Wang: Influence of He-Ne laser irradiation on seeds thermodynamic parameters and seedlings growth of *Isatis Indigotica*. *Plant Sci*. 168(3): 601-606; 2005a.
8. Chen Y.P.; Y.J. Liu; X.L. Wang; Z. Y. Ren; M. Yue: Effect of microwave and He-Ne laser on enzyme activity and biophoton emission of *Isatis indigotica*. *J. Integrat. Plant Biol*. 47(7): 849-855; 2005b.
9. De Souza, A.; D. García; L. Sueiro; F. Gilart; L. Licea; E. Porras: Pre-sowing magnetic treatments of tomato seeds increase the growth and yield of plants. *Bioelectromagnetics*. 27:247-257; 2006.
10. Guardia, L.; J. Rassi; A. Labrada; R. Casate; A. De Souza; E. Tamayo: Curva de fotosensibilidad láser en cultivos hortícolas. *El láser en la agricultura*. Chess Editores, México; 1995, 32 pp.
11. Muszyński, S.; B. Gladyszewsk: Representation of He-Ne laser irradiation effect on radish seeds with selected germination indices. *Int. Agrophysics*. 22, 151-157; 2008.
12. Ramírez, R.: Efecto del tratamiento de semillas con dosis estimulantes de rayos X en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Tesis presentada en opción al Grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. INCA. La Habana, Cuba, 2006, 130 pp.
13. Stell, R.G.D.; J. H. Torrie: Biostatistics. Principles and procedures". 2nd ed., McGrawHill, Interamericana de Mexico, S.A. 1992.
14. Wilezek, M.; R. Koper; M. Cwintal; T. Kornillowicz: Germination capacity and the health status of red clover seeds following laser treatment. *Int. Agrophysics*. 18: 289-293; 2004.
15. Yandell, J.: Practical Data Analysis for Designed Experiments. Chapman & Hall Press. 1997.

Recibido: 26/09/2012

Aceptado: 15/11/2013