

**A. Álvarez, R. Ramírez, L. Chávez, Y. Camejo,
L. Licea, E. Porras y B. García**

**EFFECTO DEL TRATAMIENTO DE SEMILLAS CON LÁSER DE BAJA POTENCIA,
SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO EN PLANTAS
DE TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.)**

Separata ITEA

INFORMACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA AGRARIA, VOL. **107** N.º 4 (290-299), 2011

Efecto del tratamiento de semillas con láser de baja potencia, sobre el crecimiento y rendimiento en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

A. Álvarez*, R. Ramírez, L. Chávez, Y. Camejo, L. Licea, E. Porras y B. García

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

* Autor para correspondencia: 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 híbrido de tomate HA3019 en condiciones de cultivo protegido. Las semillas se irradiaron con un equipo láser de He-Ne con potencia de 25 mW y diferentes periodos de exposición: 5, 10, 20, 30 y 60 segundos, empleando semillas no tratadas como control. Se evaluó el porcentaje de germinación (%), supervivencia (%), 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 mostraron un incremento significativo ($p \leq 0.05$) 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. Estos resultados corroboran el efecto estimulante de la radiación láser de baja potencia en el crecimiento y rendimiento de las plantas.

Palabras clave: Hortalizas, cultivo protegido.

Abstract

Effect of seed treatment with low potency laser on the growth and yield in tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.)

The influence of seed treatment with low-power laser radiation on some physiological parameters and yield of tomato hybrid HA3019 protected cultivation conditions. The seeds were irradiated with a laser He-Ne 25 mW power at different exposure periods 5, 10, 20, 30 and 60 seconds, using untreated seeds as controls. We evaluated the germination percentage (%), survival (%), 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 ($p \leq 0.05$) 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. This confirms the stimulating effect of low power laser radiation on growth and yield of plants.

Key words: Vegetables, protected cultivation.

Introducción

A escala global, el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) constituye uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia por su extensión, demanda y formas de consumo (Moya et al., 2005). A pesar de que el tomate es uno de los cultivos más estudiados en Cuba, los rendimientos que se obtienen son bajos debido a la influencia de las desfavorables condiciones climáticas que prevalecen en esta región, que distan mucho de sus exigencias ecológicas. En tal sentido, no se cuenta con variedades totalmente adaptadas a estas condiciones, lo que ha motivado la introducción de híbridos F1 en casas de cultivos protegidos como una alternativa para incrementar los rendimientos y la calidad de los frutos (Moya et al., 2005; Álvarez et al., 2003). Las casas de cultivos protegidos se utilizan en países de clima tropical y son espacios cerrados y techados, diseñados con efecto sombrilla para refrescar la temperatura y proteger a los cultivos de otros factores climáticos adversos y de algunos factores bióticos.

Las casas de cultivos protegidos constituyen una tecnología muy promisoría para extender el calendario de producción y lograr una alta productividad y calidad de las hortalizas durante todo el año en condiciones tropicales (Gómez et al., 2000). Por ejemplo, los rendimientos promedios que se alcanzan en las casas de cultivos protegidos de la provincia de Granma (Cuba) se encuentran en el orden de las 140 t.ha⁻¹ (Toledo, 2009), sin embargo, el rendimiento potencial de estos híbridos supera las 270 t.ha⁻¹, cuando se desarrolla bajo las condiciones climáticas de países templados y de 220 t.ha⁻¹, en los tropicales. Esta problemática sugiere la necesidad del empleo de métodos estimulantes que contribuyan a minimizar los efectos adversos del clima tropical y a incrementar los rendimientos agrícolas en estos híbridos, sobre todo si se considera el alto precio de es-

tas semillas en el mercado mundial (Ramírez, 2006 y Aladjadjian, 2007).

En Cuba, en el último decenio se han intensificado las investigaciones y el uso de los métodos físicos estimulantes en la agricultura, como una alternativa viable para incrementar los rendimientos y la calidad de las cosechas, dentro de la política de la agricultura sostenible y aprovechando además, la experiencia acumulada por algunos países del mundo como Rusia, Bulgaria, Hungría, la India y Canadá, en el tratamiento de semillas con bajas dosis de radiaciones ionizantes, campos electromagnéticos, ultrasonido y láser (Ramírez, 2006 y De Souza et al., 2006).

Se ha demostrado que la luz láser de baja potencia induce cambios electroquímicos y bioquímicos en las semillas tratadas, con un posterior incremento de la intensidad de la respiración, el crecimiento y rendimiento de las plantas (Muszyński y Gladyszewska, 2008).

De esta forma, el tratamiento irradiativo pre- siembra de las semillas con luz láser ha contribuido a incrementar el rendimiento de diferentes especies de hortalizas y cereales (De Souza et al., 2006).

El objetivo de este trabajo es estudiar la fotosensibilidad a la radiación láser de baja potencia, en semillas híbridas del cultivar de tomate HA3019 y determinar las dosis estimulantes del crecimiento y rendimiento en casas de cultivos protegidos del municipio Bayamo, provincia Granma, Cuba.

Materiales y métodos

Las investigaciones sobre el efecto y la selección de dosis estimulantes de rayos láser en plantas de tomate se desarrollaron en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov", de la provincia Granma,

perteneciente al Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente y en el sistema de casas de cultivo protegidos de "La Pupa", perteneciente al Ministerio de la Agricultura, en esta provincia; en el periodo comprendido entre el 21 de mayo de 2008, hasta el 21 de septiembre de 2008.

Se emplearon semillas del cultivar híbrido de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), HA3019" provenientes de la firma israelí HAZERA. El contenido de humedad de las semillas fue de un 12-13% y el porcentaje de germinación de 97%.

Para el tratamiento de las semillas se empleó un equipo láser de He-Ne con una potencia de 25 mW, comprendido en la zona roja del espectro de luz ($\lambda = 632.8$ nm), una mancha de luz de aproximadamente 10 cm², con una densidad de potencia de 2.5 mW/cm².

Las semillas se irradiaron durante períodos de exposición de 5, 10, 20, 30 y 60 segundos, utilizando semillas no tratadas como control. Se utilizaron un total de 80 semillas por cada tratamiento. El tratamiento se realizó en horas de la mañana, a una temperatura de 25°C según recomendaciones de Guardia *et al.* (1995).

El experimento contó con dos fases experimentales, la primera se desarrolló en una casa dedicada a la producción de posturas en cepellón sin malla sombreadora. Las posturas son plántulas que se obtienen de las semillas sembradas, cuando alcanzan los parámetros de calidad, se trasplantan hacia otra casa de cultivo y se siembran directamente en tierra. Se utilizó como sustrato: humus de lombriz 60%, turba rubia 30% y cascarilla de arroz 10%. Se utilizaron 5 bandejas de 4.0 x 4.0 x 7.0 cm, con un volumen de alvéolos de (45.0 cm³), cada una con un total de 150 alvéolos. Las variantes experimentales se distribuyeron de acuerdo a un diseño completamente aleatorizado. Durante este período, el riego se aplicó según el Instructivo técnico para casa de cultivos protegidos (Casanova *et al.*, 1999). Se

evaluó el porcentaje de germinación (%) a los 7 días después de la siembra, de forma visual mediante el conteo de las plántulas germinadas. La supervivencia (%) se determinó a los 15 días después de la siembra. La altura de la planta (mm) y la longitud de la raíz principal (mm) se evaluaron al momento del trasplante, en 10 plántulas por cada réplica y un total de 40 plántulas por tratamiento con el empleo de una regla graduada en mm. El diámetro del tallo (mm) se evaluó al momento del trasplante en 10 plántulas por réplicas y un total de 40 plántulas por tratamientos con el empleo de un pie de rey mecánico cuya precisión es de 0.05 mm. Las evaluaciones de estos indicadores se realizaron según la metodología descrita por (Miranda, 2003) y los datos obtenidos fueron expresados en porcentaje respecto al control, como una medida de la fotosensibilidad en las plantas.

La segunda fase experimental se desarrolló en una casa dedicada a la producción de frutos del modelo tropical A-12 (Tipología 2) de 540 m², sobre un suelo Fluvisol típico, lavado, profundo, medianamente humificado, poca erosión, 70cm de profundidad efectiva, llano y textura de arcilla loamosa (Hernández, 1999). Se estableció un marco de plantación de 1.04 por 0.40 m. Las variantes experimentales se distribuyeron cumpliendo un diseño de bloques al azar con 4 réplicas por tratamiento de 20 plantas cada una. Durante esta etapa el riego se realizó según el instructivo técnico para casa de cultivos protegidos (Casanova *et al.*, 1999). En la madurez fisiológica se etiquetaron 10 plantas por réplica en cada tratamiento. Se evaluó el diámetro medio polar (mm) y el diámetro medio ecuatorial (mm), mediante mediciones realizadas a los frutos durante toda la cosecha con el empleo de un pie de rey mecánico, cuya precisión es de 0.05 mm. También se evaluó la masa promedio de los frutos (g) y el rendimiento por planta en (Kg.planta⁻¹), mediante pesadas realizadas durante toda la cosecha, con el empleo de una balanza técnica.

Se empleó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la normalidad de los datos y la prueba de Bartlett para la homogeneidad de varianzas (Yandell, 1997). Los datos se evaluaron por un análisis de varianza de clasificación doble ($p < 0.05$) para determinar los efectos de la radiación láser de baja potencia comparados con el control. Las comparaciones múltiples de medias de los tratamientos, se realizaron con la prueba de Newman-Keuls (Stell y Torrie, 1992). Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete "Statistics for Windows".

Resultados y discusión

En esta experiencia el efecto de la luz láser no provocó cambios significativos ($p \leq 0.05$) en la germinación de las semillas de la variedad estudiada. Este comportamiento pudiera estar relacionado, por una parte, con el alto potencial germinativo que tenían las semillas irradiadas (97%) y por otra, con la baja potencia de la fuente y el corto tiempo de exposición a la irradiación. No obstante, como se observa en la tabla 1, a partir de los 30 segundos de exposición a la irradiación se produce un ligero decrecimiento del porcentaje de germinación de las semillas, que pudiera ser más severo (significativo) si se incrementara el tiempo de irradiación.

En correspondencia con estos resultados numerosos autores (Creanga *et al.*, 2002; Ramírez, 2006; Ramírez *et al.*, 2006; De Souza *et al.*, 2006 y Ciupak *et al.*, 2007) han señalado un comportamiento similar al tratar semillas de hortalizas con métodos físicos estimulantes como son las bajas dosis de radiaciones ionizantes, los campos magnéticos y el láser de baja potencia. Estos autores plantean que las semillas con alto poder germinativo reaccionan de forma débil al tratamiento con métodos físicos y que la estimulación de este indicador, generalmente se logra cuando las semillas presentan problemas de latencia o están sometidas a condiciones estresantes que retrasan o inhiben su germinación.

Con relación a la supervivencia de las plántulas (Figura 2), no se constataron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la variedad estudiada con el incremento de los tiempos de exposición, lo que muestra que tanto la potencia de la fuente de irradiación como los tiempos de exposición no indujeron cambios fisiológicos, ni genéticos severos que conllevaran a la muerte de las plantas.

Al respecto, Al-Safadi y Simon, (1996) y Kathleen y Donald, (2001) informaron que cuando la exposición a la luz láser es muy prolongada disminuye significativamente la supervivencia y se incrementa la probabilidad de inducción de mutaciones. Es decir, existe una

Tabla 1. Efecto del tratamiento de semillas con rayos láser sobre el porcentaje de germinación y supervivencia en el híbrido de tomate HA3019
Table 1. Effect of seed treatment with laser on the percentage of seed germination and the survival in the hybrid tomato HA3019

Variables	Tiempos de exposición (s)						ESx
	0	5	10	20	30	60	
Germinación (%)	97	100	100	99	100	96	± 0,444
Supervivencia (%)	100	99	98	100	99	98	± 0,255

No hubo diferencia significativa de los tratamientos con respecto al control para ($p \leq 0,05$).

correlación negativa de la supervivencia con el incremento de las dosis de irradiación en diversos cultivos agrícolas. Calabrese y Baldwin, (2003) plantearon que las bajas dosis y potencias de irradiación provocan respuestas beneficiosas en los organismos vivos mientras las altas deprimen o inhiben todas sus funciones vitales hasta provocar la muerte. No obstante, es necesario señalar que en el presente trabajo se empleó un equipo de irradiación láser de He-Ne de baja potencia (25 mW) comprendido en la zona roja del espectro de luz ($\lambda = 632.8$ nm) y una potencia de dosis suficientemente baja (25 mW) que garantiza, solamente, la posible ocurrencia de cambios fisiológicos en las plantas provenientes de las semillas tratadas. Por tanto, los valores de supervivencia muestran que los tiempos de exposición y la potencia de la fuente pudieran ser adecuados para estimular determinados procesos fisiológicos en las plantas de tomate, con baja probabilidad de inducir mutaciones.

En los tres indicadores del crecimiento evaluados (Figuras 1, 2, 3) observamos un intervalo de estimulación con tiempos de irradiación inferiores a los 30 segundos.

La altura de las plantas mostró (Figura 1) valores de estimulación significativos ($p \leq 0.05$) con respecto al control sin irradiar, con la presencia de dos picos fundamentales de estimulación, uno con un tiempo de exposición de 5 segundos (31%) y el otro a los 20 segundos con un incremento en la altura de las plantas de más de 50% con respecto al control. A partir del intervalo de estimulación, con tiempos de exposición superiores a los 30 segundos se manifiesta una disminución significativa ($p \leq 0.05$) de la altura de las plantas.

Un comportamiento similar se observó en el indicador longitud de la raíz (Figura 2), con la diferencia de que sólo se manifestó un pico de estimulación que correspondió al tratamiento con 20 segundos de exposición de las semillas (13%), a la radiación láser. Las do-

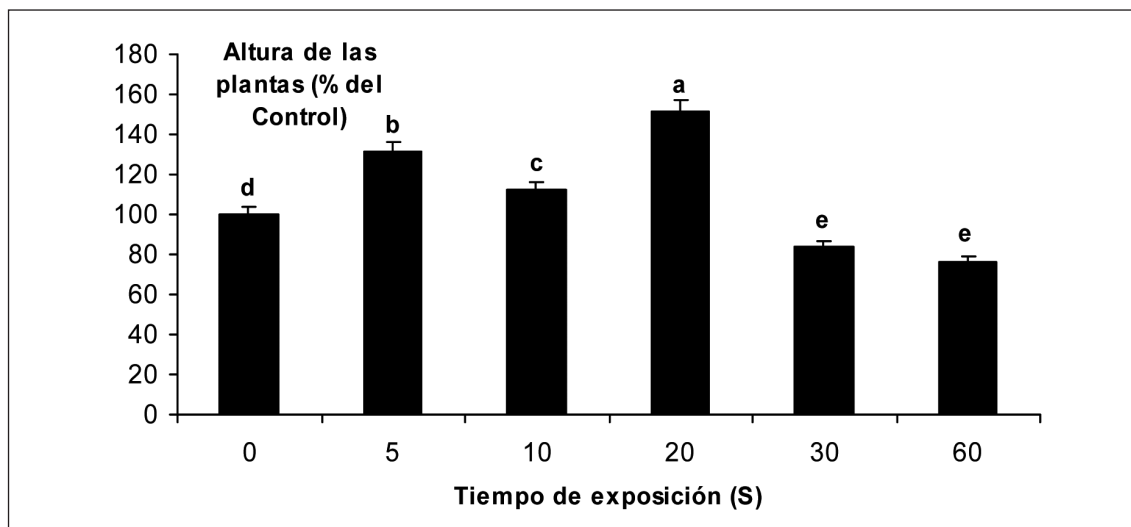


Figura 1. Influencia de la irradiación láser en la altura de las plantas del híbrido de tomate HA3019. (En la figura, barras con letras desiguales presentan diferencias significativas respecto al control).

Figure 1. Influence of laser irradiation on plant height of tomato hybrid HA3019. (In the figure, different letter bars significant differences respect to the control).

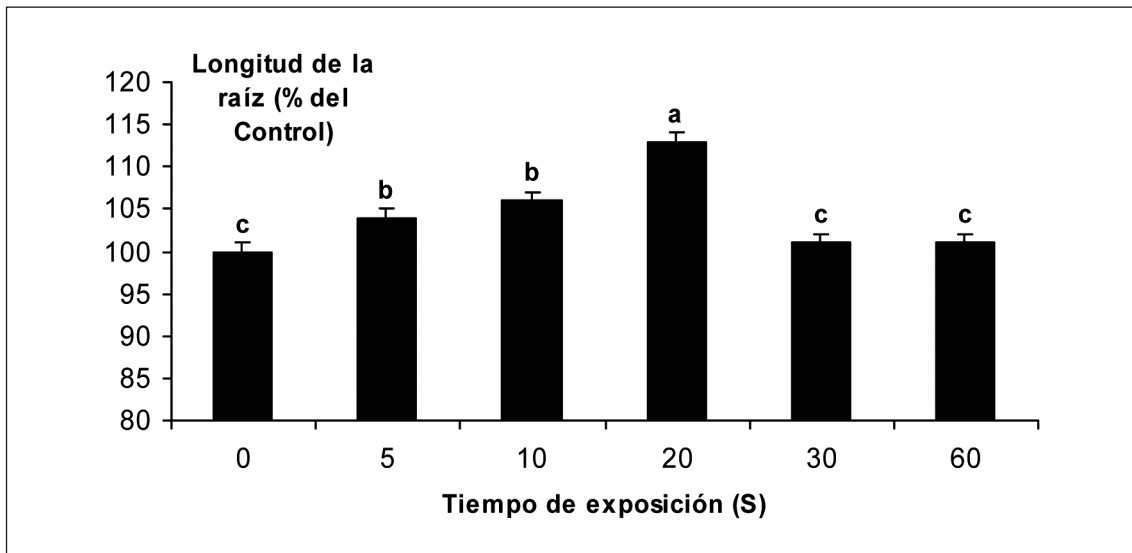


Figura 2. Influencia de la irradiación láser en la longitud de la raíz del híbrido de tomate HA3019. (En la figura, barras con letras desiguales presentan diferencias significativas respecto al control).

Figure 2. Influence of laser irradiation on root length of tomato hybrid HA3019. (In the figure, different letter bars significative differences respect to the control).

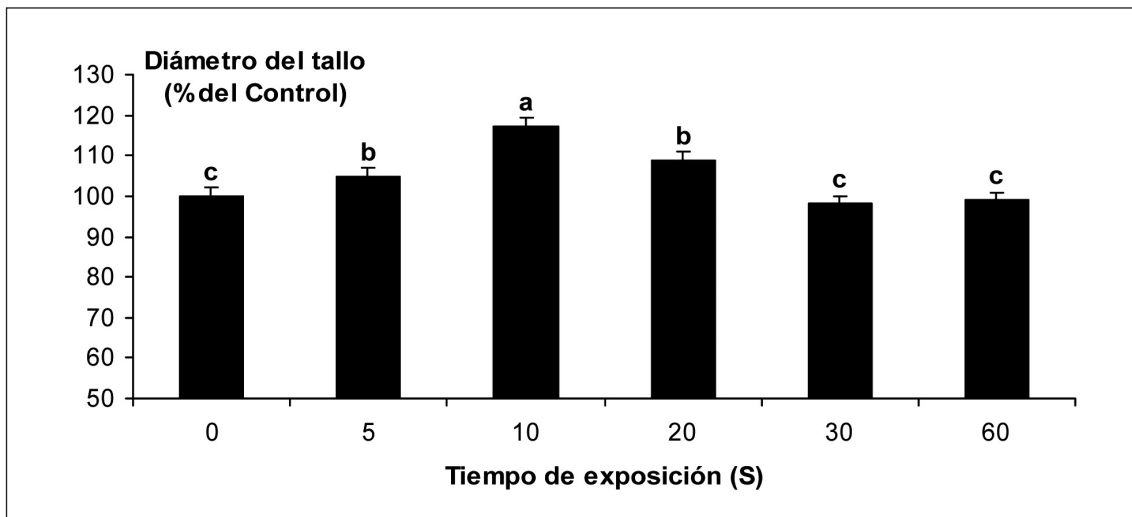


Figura 3. Influencia de la irradiación láser en el diámetro del tallo del híbrido de tomate HA3019. (En la figura, barras con letras desiguales presentan diferencias significativas respecto al control).

Figure 3. Influence of laser irradiation on the stem diameter of tomato hybrid HA3019. (In the figure, different letter bars significative differences respect to the control).

sis de 5 y 10 segundos también mostraron una estimulación significativa ($p \leq 0.05$) de este indicador con relación al control; los tiempos de exposición superiores a 20 segundos no provocaron cambios significativos en la longitud la raíz.

En el diámetro del tallo (Figura 3) se constató la existencia de una zona de estimulación en la curva de fotosensibilidad láser, con valores significativos ($p \leq 0.05$) en el rango de dosis comprendido entre 5-20 segundos. La dosis más efectiva se obtuvo a los 20 segundos de exposición a la luz láser que conllevó a incrementos de 17% (3.86 mm) en este indicador. Para tiempos superiores de exposición no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos y el control.

Con relación a este indicador, es preciso señalar que todas las plantas evaluadas, incluyendo las del control superaron los 3 mm en el grosor del tallo, durante el trasplante; lo que es considerado (Casanova, 2003) un requisito indispensable para garantizar un adecuado establecimiento de la plantación.

Un comportamiento similar lo obtuvo Aladjadjiyan, (2007), al tratar semillas de tomate con radiación láser de baja potencia, donde logró un incremento del crecimiento superior a un 25%. Este autor plantea 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.*, (2005b), obtuvieron resultados similares al tratar semillas de hortalizas con radiación láser de baja potencia. Estos autores plantean que la existencia de dos picos de estimulación en determinado indicador puede estar relacionada con la interacción de los factores físicos con el material biológico, la cual posee un carácter probabilístico. De forma general, las curvas dosis-efecto no se caracterizan por tener un comportamiento monótono (cuando se observa una sola zona de estimulación para determinado indicador), ya que la irra-

diación 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.

Este 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 enzimática, fundamentalmente en las enzimas polifenoloxidasas, superóxido dismutasas y catalasas que juegan un papel importante en el crecimiento de las plantas (Chen *et al.*, 2005a).

Los resultados mostraron que el tratamiento de las semillas con rayos láser provocó un efecto estimulante significativo ($p \leq 0.05$) en el rendimiento y algunos de los componentes evaluados, en el híbrido de tomate HA3019 (Tabla 2). El diámetro medio ecuatorial de los frutos de tomate mostró en todos los tratamientos aplicados (T1-T5) diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con relación al control. Los tratamientos más estimulantes fueron T1 (5 s) y T3 (20 s) que incrementaron este indicador en un 7%. También la masa promedio de los frutos experimentó incrementos significativos en los tratamientos T1-T2 y T3 con valores máximos de 13% en las plantas provenientes de las semillas tratadas durante 20 segundos (T3) con la luz láser. No obstante, en el diámetro medio polar de los frutos no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (T1-T5) y el control.

El rendimiento agrícola medio en las plantas procedentes de los tratamientos durante 10 y 20 segundos alcanzó valores de 37 y 67% superiores al control, los tratamientos T4 y T5 no mostraron diferencias significativas con relación al control.

Estos valores de estimulación coinciden con los informados por Ramírez *et al.*, (2000), al

Tabla 2. Efecto del tratamiento de semillas con rayos láser sobre el rendimiento y algunos de sus componentes en el híbrido de tomate HA3019
Table 2. Effect of seed treatment with laser on performance and certain components in the hybrid tomato HA3019

Tiempo de exposición	DMP (mm)	DME (mm)	%	MPF (g)	%	RPP (Kg.plan-1)	%
T0	59.60 a	64.50 e	–	166.20 d	–	2.59 d	–
T1 (5 s)	60.00 a	68.90 a	107	173.42 bc	104	3.29 bc	127
T2 (10 s)	59.30 a	67.80 b	105	178.27 b	107	3.56 b	137
T3 (20 s)	60.20 a	69.00 a	107	188.52 a	113	4.33 a	167
T4 (30 s)	59.20 a	66.10 c	102	169.23 cd	102	2.73 cd	105
T5 (60 s)	59.90 a	66.00 d	102	169.11 d	102	2.67 d	103
ESx	± 0.114	± 0.094		± 3.14		± 0.027	

En las columnas medias con letras desiguales presentan diferencias significativas para ($p \leq 0.05$) por la prueba paramétrica de Newman-Keuls.

In the columns, different letter means significant differences ($p \leq 0.05$) for the Newman-Keuls parametric test.

DMP: diámetro medio polar.

DME: diámetro medio ecuatorial.

MPF: masa promedio de los frutos.

RPP: rendimiento promedio por planta.

tratar semillas de hortalizas con métodos físicos, donde lograron un incremento de más de un 50% en el rendimiento y en algunos de sus componentes.

Wilczek y Fordoński, (2007) observaron un incremento significativo del rendimiento agrícola superior al 23%. Estos autores valoraron que el efecto estimulante tiene una estrecha relación con el incremento de la intensidad de la fotosíntesis y la transpiración, que se produce en las plantas provenientes de semillas tratadas con la luz láser de baja potencia.

Resultados similares fueron obtenidos por Cwintal y Olszewski, (2007) al tratar semillas secas de seis variedades de alfalfa con un láser de baja potencia y observar valores superiores en el rendimiento agrícola, la intensidad de la fotosíntesis, acumulación de biomasa y transpiración, con relación al control.

También Vasilevski y Bosev (2009) obtuvieron una estimulación del rendimiento en diferentes hortalizas por efecto de la luz láser de baja potencia. Así, en tomate, se estimuló el rendimiento de 20-24%, en pimiento al 13%, en pepino un 15%, en cebolla al 15,5% y en frijol un 27%.

Por otro lado, Gladyszewska y Lublin, (2006) señalaron resultados similares en plantas de trigo y centeno, al utilizar un láser de He-Ne con una potencia de 4 mW.cm⁻².

Al respecto Muszyński y Gladyszewska, (2008) plantean 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.

Se plantea que el efecto estimulante de la radiación láser de baja potencia está relacio-

nado con el aumento de la permeabilidad de las membranas celulares, producto a ello se acelera la entrada de agua y de oxígeno (Podlesny, Misiak y Koper, 2001).

Otros autores como Chen *et al.* (2005a), plantean que la luz láser incrementa la actividad enzimática, en primer lugar de las enzimas hidrolíticas y de oxidación-reducción, por 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, creándose la base para lograr una mayor productividad en ellas.

Bibliografía

- Aladjadjyan A, 2007. The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria. *Journal Central European Agricultura*. 8(3): 369-380.
- Al-Safadi B y Simon PW, 1996. Gamma irradiation-induced variation in carrots (*Ducus carota* L.). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 599-603.
- Álvarez M, Moya C, Florido M y Plan, D, 2003. Resultados de la mejora genética del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) y su incidencia en la producción hortícola de Cuba. *Cultivos Tropicales*. 24(2): 63-70.
- Calíbrese EJ y Baldwin LA, 2003. 'Hormesis: the dose-response revolution', *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*. 43: 175-197.
- Casanova A, 2003. Manual para la Producción Protegida de Hortalizas. La Habana: Editorial Lilliana.
- Casanova A, Gómez O, Depestre T, Igarza A, León M, Santos R, Chailloux M, Hernández JC y Pupo FR, 1999. Guía Técnica para la producción protegida de hortalizas en casas de cultivos tropical con efecto sombrilla. La Habana, I.I.H. "L. Dimitrova".
- Cepero A, Mesa R, García M y Suárez J, 2002. Efecto de la radiación láser en semillas de *Albizia lebleck*. I Fase de semillero. *Pastos y Forrajes*, 25: 181-187.
- Chen YP, Liu YJ, Wang XL, Ren ZY y Yue M, 2005a. Effect of microwave and He-Ne laser on enzyme activity and biophoton emission of *Isatis indigotica*. *J. Integrat. Plant Biol.* 47(7): 849-855.
- Chen YP, Yue M y Wang XL, 2005b. Influence of He-Ne laser irradiation on seeds thermodynamic parameters and seedlings growth of *Isatis Indigotica*. *Plant Sci.* 168(3): 601-606.
- Ciupak A, Szczurowska I, Gladyszewska B, Pietruszewski S, Lublin, 2007. Impact of laser light and magnetic field stimulation on the process of buckwheat seed germination. *AGRIS record*. 10 (2): 1-10.
- Creanga IA, Harten C, Mocanasu D y Mihaltescu D, 2002. Gamma radiation effects on catalase and assimilatory pigments in *False acasia* seedling grown on forestry nursery. *Romanian Biotechnological letters*. 7(5): 10-15.
- Cwintal M y Olszewski J, 2007. Influence of pre-sowing laser stimulation of seeds on photosynthesis and transpiration intensity and on yielding of alfalfa. *Acta Agrophysica*. 9(2): 345-352.
- De Souza A, García D, Sueiro L, Gilart F, Licea L y Porras E, 2006. Pre-sowing magnetic treatments of tomato seeds increase the growth and yield of plants. *Bioelectromagnetics*. 27: 247-257.
- Gladyszewska V y Lublin B, 2006. Pre-sowing laser biostimulation of cereal grains. *Technical Sciences*. 9(1): 33-38.
- Gómez O, Casanova A, Laterrot H y Anaís G, 2000. Mejora genética y manejo del Cultivo del Tomate para la producción en el Caribe. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". La Habana. 159 pp.
- Guardia L, Rassi J, Labrada A, Casate R, De Souza A y Tamayo E, 1995. Curva de fotosensibilidad láser en cultivos hortícolas. *El láser en la agricultura*. Chess Editores, México; 32 pp.
- Hernández A, Pérez JM, Bosch D y Rivero L, 1999. Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. *AGRINFOR*, 64 p.

- Kathleen R y Donald T, 2001. Irradiation effects on alfalfa seed germination and yield ratio and on alfalfa sprout microbial keeping quality. Eastern Regional Research. *Agricultural Research Service*, 17 pp.
- Miranda E, 2003. Efectos de la inoculación del EcoMic® y icoFert® en el cultivo de *Nicotiana tabacum* (Lin.), Var. Criollo 98 bajo condiciones cepellón. Trabajo de diploma. Universidad de Granma, Cuba, 35 pp.
- Moya C, Álvarez M, Plana D, Florido M, Lawrence CBJ, 2005. Evaluación y selección de nuevas líneas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con altos rendimientos y frutos de alta calidad. *Cultivos Tropicales*. 26 (3): 39-43.
- Muszyński S y Gladyszewsk B, 2008. Representation of He-Ne laser irradiation effect on radish seeds with selected germination indices. *Int. Agrophysics*. 22, 151-157.
- Podlesny J, Misiak L y Koper R, 2001. Concentration of free radicals in faba bean seeds alter the presowing treatment of the seeds with laser light. *Int. Agrophysics*. 15(3): 185-189.
- Ramírez R, González LM, Licea L, García B, Porras E y Pérez A, 2000. Incidencia de bajas dosis de rayos x sobre la productividad de cuatro variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Alimentaria*. 314: 56-64.
- Ramírez R, 2006. 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, 130 pp.
- Ramírez R, González LM, Camejo Y, Fernández Y y Zaldívar N, 2006. Estudio de radiosensibilidad en plantas de tomate procedentes de semillas tratadas con bajas dosis de rayos X. *Cultivos Tropicales*. 27(1): 63-67.
- Stell RGD y Torrie JH, 1992. Biostatistics. Principles and procedures". 2nd ed., McGrawHill, Interamericana de Mexico, S.A.
- Vasilevski IG y Bosev D, 2009. Results of the effect of the laser light on some vegetables. *Journal of International Society for Horticultural Science*. 15(3): 21-28.
- Wilczek M y Fordoński G, 2007. Influence of presowing laser stimulation of seeds on photosynthesis and transpiration intensity and on yielding of red clover. *Acta Agrophysica*. 9(2): 517-524.
- Yandell J, 1997. Practical Data Analysis for Designed Experiments. Chapman & Hall Press.

(Aceptado para publicación el 14 de julio de 2011)