

La Universidad de estos tiempos y la Soberanía Alimentaria

The University of these times and Alimentary Sovereignty

Rubén Herrera Rodríguez¹, Nivia Cueto Zaldívar², Peter Hersics³, Rolando Serra Toledo⁴

¹Vicerrectoría de Extensión Universitaria, Metodólogo, Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”, Cujae. Calle 114 entre Rotonda y Ciclovía. La Habana, Cuba.

²Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV). Calle 110 No. 514 entre 5ta B y 5ta F, Playa, La Habana, Cuba;

³Director General, Laboratorio I+D UltraSmart – Hungría – Unión Europea.

⁴Metodólogo de la Dirección de Ciencia, Tecnología e Innovación, Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”, Cujae. Calle 114 entre Rotonda y Ciclovía. La Habana, Cuba.

***Autor de correspondencia:** prof.ruben.cuba@gmail.com

Resumen

Preservar y obtener semillas de calidad es una necesidad apremiante ante el Cambio Climático y en lo relacionado a la soberanía alimentaria en nuestro país. El uso de sistemas emisores de diferentes longitudes de onda para mejorar las semillas puede contribuir a reducir la vulnerabilidad de las especies cultivadas frente a plagas agrícolas. El trabajo se realiza con el objetivo de mejorar la calidad de las semillas mediante sistemas de diodos emisores de luz de alto brillo de diferentes longitudes de onda (BIOFIE-ULTRA), resultantes de investigaciones previas desarrolladas en un trabajo conjunto INISAV-CUJAE, a través de la Cátedra Científica de Ciencias para la Vida. La investigación se fundamentó en la irradiación de semillas de maíz, pepino, habichuela y lechuga con luz roja y verde, durante diferentes tiempos de exposición y utilizando como testigo o control semillas del mismo lote. Los resultados alcanzados muestran un incremento del porcentaje de germinación entre 40 y 80% en las que presentaron problemas de latencia o estrés, y un aumento de la velocidad de germinación de 24 a 48 horas en las semillas que poseen alto porcentaje, así como incremento en la altura de la plántula superior a un 24% y de un 70 y 80% la longitud de la raíz.

Palabras clave: Cambio Climático, Soberanía Alimentaria, Mejoramiento de Semillas.

Abstract

Preserving and obtaining quality seeds are a pressing need in the face of climate change and in relation to alimentary sovereignty in our country. The use of emitting systems of different wavelengths to improve seeds can contribute to reducing the vulnerability of cultivated species to agricultural pests. The work is carried out with the objective of improving the quality of the seeds by means of high brightness light emitting diodes systems of different wavelengths (BIOFIE-ULTRA), resulting from previous investigations developed in a joint work INISAV-CUJAE, through the Scientific Chair of Science for Life. The investigation was based on the irradiation of seeds of corn, cucumber, green beans and lettuce with red and green light, during different times of exposure and using seeds of the same batch as control or control. The results achieved show an increase in germination percentage between 40 and 80% in those with latency or stress problems, and an increase in the germination rate of 24 to 48 hours in the seeds that have a high percentage, as well as an increase in the height of the seedling superior to 24% and of 70 and 80% the length of the root.

Keywords: Climate Change, Alimentary Sovereignty, Improvement of Seeds.

1. Introducción

La vida en la Tierra, para todos los Sistemas Biológicos, está determinada en primer lugar por la fuente fundamental de energía que la nutre, el Sol. Del Sol llegan a nuestra atmósfera un conjunto de radiaciones del espectro Electromagnético, pero no todas logran llegar a la superficie de la Tierra, su atmósfera sirve de filtro a estas radiaciones y solo nos llegan el 59% de radiación infrarroja (IR), el 40% de luz visible y el 1% de radiación ultravioleta (UV). Ello le confiere efectos diversos, fototérmicos, fotoluminosos y fotoquímicos (Herrera, 2012), y las características de la vida en nuestro planeta.

Las plantas son el primer eslabón, y el fundamental, en la absorción y procesamiento de esa energía que nos llega desde el Sol en forma de fotones (paquetes de energía que están dados por $E_f = h\lambda$), que dependen de la longitud de la onda λ de la radiación electromagnética que nos llega. En el caso de la luz visible, estas longitudes de onda están distribuidas desde los 400 nm (violeta) hasta los 700 nm (rojo lejano).

Cada longitud de onda (fotón) del espectro electromagnético visible tiene propiedades diferentes y genera efectos biológicos diferentes. Así:

- El Rojo es altamente energizante de los sistemas biológicos. Muy usado para aumentar los niveles energéticos en los mismos.
- El Verde genera Fotoproductos que actúan como sedantes en el tejido. Muy usado en situaciones de estrés, tanto emocional como celular.
- El Azul desencadena acciones bactericidas, al igual que el Violeta, actuando selectivamente sobre determinadas bacterias y hongos.
- El Infrarrojo ($\lambda \geq 700$ nm) transmite calor, aumenta la temperatura interna de los tejidos, logrando que las células puedan funcionar a la temperatura adecuada.

Un ejemplo de lo anterior:

Fernando Alferez de South West Florida Research and Education Center, 2685 State Road 29 North University of Florida, Immokalee, Florida, USA plantea: “...El uso de diodos emisores de luz (LED) está siendo ampliamente adoptado en la agricultura en los últimos años. En post cosecha, algunas aplicaciones han sido ensayadas principalmente para mejorar los atributos nutricionales de la fruta almacenada. En cítricos, hemos sido pioneros en el uso de LEDs azules (BLED) durante la post cosecha de dos maneras diferentes: BLED de baja intensidad para inmunización de frutos y BLEDs de alta intensidad para inhibir el crecimiento del *Penicillium spp*, el principal patógeno post cosecha de cítricos...”

Según plantea Fernando, el BLED de baja intensidad indujo la expresión de la fosfolipasa A2 (PLA2) en el flavedo de los cítricos. PLA2 es una de las primeras enzimas en la ruta de la Oxilipina, implicada en la resistencia de las plantas a las tensiones bióticas. La inducción de PLA2 dio como resultado un aumento de la biosíntesis de la octanol de Oxilipina C8 que tiene actividad fungicida. El crecimiento fúngico no ocurrió en el fruto inoculado con *Penicillium digitatum* después del tratamiento BLED. Por el contrario, el crecimiento in vitro del hongo no fue inhibido por BLED de baja intensidad, lo que demostró además que el efecto BLED está mediado por la activación de la ruta de la Oxilipina en la fruta.

Por otra parte, de manera general, el BLED de alta intensidad inhibió el crecimiento in vitro de *Penicillium*, lo que sugiere un procedimiento para el saneamiento. Además, el BLED de alta intensidad demostró que es capaz de detener el crecimiento de cepas aisladas de embalajes comerciales que son resistentes a Imazalil y Tiabendazol.

Para captar los fotones, las plantas poseen receptores especiales, los pigmentos fotosensibles o fotorreceptores. De éstos, las clorofilas y carotenoides absorben la gama que va del azul al rojo, implicada en la fotosíntesis. Pero en el control de la foto morfogénesis participan otros fotorreceptores que captan y transmiten señales de diferentes regiones del espectro: los criptocromos, el receptor de luz ultravioleta-B, luz ultravioleta cercana y azul, y los fitocromos, que perciben la luz roja y roja lejana.

Las plantas funcionan como transductores energéticos transformando la energía libre que es transportada por los fotones convirtiéndola en energía química y en potencial reductor que se almacenan en componentes moleculares especializados (Benavides, <http://dradalbertobenavides.com/arti/luzfisio.htm>).

La luz controla el desarrollo y crecimiento de las plantas a través de los procesos de fotosíntesis, cuya tasa de conversión de energía luminosa en energía química está determinada fundamentalmente por la intensidad de radiación en el espectro visible. Otras respuestas fisiológicas son la foto respiración y los procesos fotomorfogénicos (floración, desarrollo vegetativo), donde la primera se produce en presencia de luz y depende de la intensidad luminosa, mientras que la segunda está determinada por la duración relativa de los períodos de luz y oscuridad (Zugasti, 2012).

Las plantas, fijas en el suelo, no pueden ir en busca de condiciones ambientales óptimas, las cuales se ven cada vez más afectadas por el Cambio Climático y el deterioro de los suelos. El lugar donde germina la semilla está determinada por la disponibilidad de luz, agua y nutrientes. De entre esos factores, la luz cumple un papel principal a lo largo del ciclo biológico. Sirve de carburante en la fotosíntesis, que posibilita la formación y desarrollo de hojas, tallos, raíces y flores [Martínez García JF, Monte E, Ruiz Cantón F.J. Fitocromos y desarrollo vegetal].

Dado lo anterior el objetivo del trabajo es el diseño y desarrollo de un sistema de estimulación con luz de diferentes longitudes de onda, con participación estudiantil, para fortalecer energéticamente las semillas, aumentando su porcentaje y velocidad de germinación, así como la resistencia al cambio climático de las plántulas obtenidas.

2. Materiales y Métodos

El proceso de germinación, entre otras cosas, depende del nivel de energía acumulado para poder desarrollar sus procesos metabólicos, romper la envoltura, la capa de tierra y emerger la nueva plántula con una longitud adecuada de raíces, tallo y hojas, que le permitan un desarrollo óptimo. En esto influyen:

- La calidad de la semilla, que depende de la calidad de la planta obtenida.
- El almacenamiento, el cual puede variar sus parámetros fisiológicos y, muy importantes, conducir a altos niveles de estrés de la semilla.

Para contrarrestar estos efectos, especialistas de la Cátedra Científica de Ciencias para la Vida y estudiantes de Ingeniería Biomédica de la Universidad Tecnológica de la Habana “José Antonio Echeverría”, Cujae, el Laboratorio I+D UltraSmart de Hungría y el Instituto de Sanidad Vegetal (INISAV) realizaron investigaciones en el tratamiento a diferentes semillas a nivel de laboratorio, primeramente, y en la Finca Marta de referencia nacional, haciendo uso de las diferentes longitudes de onda del espectro visible para mejorar el % de germinación, la velocidad de germinación y las características de las plántulas. Usando el rojo para energizar la semilla y el verde ante condiciones de estrés. Por su parte el violeta-azul origina efectos bactericidas importantes y de utilidad en semillas infestadas. Como resultado de este trabajo se desarrolló un Diploma de grado en Ingeniería Biomédica y una Tesis de Maestría en el INISAV.

Para el tratamiento a las semillas se utilizó una caja con LEDs de emisión controlada roja, verde y azul. Alimentada con baterías recargables, conexión a batería externa de 12 volts y a cargador solar. Cada iluminación es controlada por un selector mecánico (Ver Anexo I).

Las investigaciones fueron divididas en dos fases de experimentación, una primera fase de siembra y germinación y una segunda fase de pos germinación. La primera fase se realizó inmediatamente después del tratamiento, en la cual se sembraron las semillas irradiadas y el control en placas de Petri de 9.0 cm de diámetro, utilizando como medios para la germinación papel de filtro humedecido. Estas se colocaron en una habitación con condiciones controladas a una temperatura promedio de $24 \pm 1^\circ\text{C}$ y ciclos de luz de 8h. Fue evaluado el porcentaje de germinación (%)

durante seis días después de la siembra, en cada uno de los tratamientos, incluyendo al control, de forma visual mediante el conteo de las plántulas germinadas.

La segunda fase de experimentación correspondiente a la pos germinación se efectuó a los 7 días después de la siembra de las semillas en placas de Petri, la misma consistió en trasplantar dichas semillas en bandejas de cepellón de 33.5 x 70 x 5.5 cm, cada una con un total de 200 alvéolos por bandejas. En esta se midieron la longitud de la raíz principal (cm) y la altura de las plántulas (cm) de una muestra aleatoria plántulas con el empleo de una regla graduada.

Dados los resultados previos obtenidos, se continuó trabajando en los tratamientos a diferentes tipos de semillas para mejorar su calidad y se comenzó a investigar en tratamientos con luz a productos post cosecha. En estas actividades participan estudiantes de Ingeniería Biomédica de la CUJAE, junto a especialistas del INISAV, de la Finca “Marta” y de la CCS “Niceto Pérez”.

En nuestras investigaciones con luz a productos pos cosecha usamos una pantalla BIOFIEULTRA de LEDs de alta eficiencia y ángulo de salida de 90 grados (Ver Anexo II), diseñada y desarrollada en colaboración con el Laboratorio UltraSmart de Hungría. La composición de los LEDs es la siguiente:

- Contiene 50 módulos LED de gran pureza cuántica, ángulo de emisión de 90 grados, distribuidos en 30x Rojo, 10x Azul, 4x Blanco 3500K, 2x Amarillo, 2x Naranja, 1x Ultravioleta, 1x Infrarrojo. Con longitudes de onda de 430nm, 450nm, 460nm, 630nm, 640nm, 660nm, 3500 Kelvin (blanco),
- La potencia total de luz útil es de 50 Watt.
- La intensidad de la iluminación es de 7000 lumen.

3. Resultados y Discusión

- Las semillas de habichuela y maíz irradiadas con luz roja presentaron un ligero aumento de la germinación de 80 % a 95 %. Sin embargo, para las semillas de pepino empleadas, (las cuales presentan bajo poder germinativo, menor que el 50 %), el tratamiento con luz roja, si provocó un estímulo significativo de hasta un 96 %, lo cual se corresponde con lo planteado por diversos autores (Fig. 1, 2, 3). Las semillas con alto poder germinativo (superior al 85 %) reaccionan de forma débil al tratamiento con métodos físicos y 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 altura de las plántulas, en ambas semillas, se obtuvo un efecto significativo de la interacción intensidad de luz roja con un incremento en la altura de las plántulas de más de un 25 % con relación al control (Tabla 1).
- Las semillas de habichuela mostraron incremento en la longitud de la raíz de las plántulas de 70 y 80 % respectivamente en relación con el testigo (Tabla 2).
- Con el empleo del equipo BIOSEM fueron apreciados los mejores resultados con la combinación de rojo y verde. El por ciento de germinación de las semillas fue de 95 % respecto a un 82 % de las semillas del control.
- En el caso de las semillas de col china, se obtuvo un incremento del 30 % en el por ciento de germinación respecto al control y una diferencia del 10 % en la altura de las plántulas.
- La velocidad de germinación de las semillas irradiadas en todos los casos fue evidenciada a las 24 horas.

En el comportamiento de germinación en la variante de maíz, se puede observar que las semillas no irradiadas comenzaron a germinar masivamente a partir de las 72 horas de la siembra, alcanzando un 90% de germinación a las 120 horas posterior a la siembra; mientras las irradiadas en los tiempos y longitudes de onda de las variantes 5 y 6 alcanzaron más del 50% de germinación en las primeras 36 horas posterior a la siembra, y la variante 6 alcanza el 90% de germinación en unas 60 horas posterior a la siembra. Las condiciones del suelo, humedad y temperatura para todos los casos han sido las mismas.

Se observan los cambios en la concentración de pigmentos en frutos de tomate durante la maduración, los cuales se benefician cuando estos frutos son irradiados con determinadas

longitudes de onda del Espectro Electromagnético. Este trabajo fue realizado por estudiantes de la Carrera de Ingeniería Biomédica de la Universidad Tecnológica de la Habana en trabajo científico estudiantil, en colaboración con el Laboratorio UltraSmart de la República de Hungría.

Se pudo comprobar en el laboratorio de la Facultad de Química de la CUJAE, que el porcentaje de carotenos presentes en los tomates irradiados fueron mayores.

En nuestra experiencia con la irradiación de tomates con el equipo BIOFIEULTRA, se obtuvo que el tomate irradiado:

1. Mantiene mayor uniformidad en su color (pigmentos).
2. Pierde agua, permitiendo mejor conservación de almacenaje.
3. Se reduce el diámetro, quedando la masa más concentrada.
4. Una masa más concentrada y mejor sabor.
5. De existir algún daño en la superficie, esta se reduce y se enquistas, no afectando el resto del tomate.
6. Sus principios activos, en particular los carotenos, se fortalecen.

Resultados similares se obtuvieron en la Lechuga de Verano cosechada en la Finca Marta de Caimito, a partir de semillas irradiadas, comprobando que el porcentaje de carotenos presentes en las hojas de la lechuga irradiada fueron mayores. La diferencia en este caso ha sido que la irradiación con longitudes de onda del BIOSEM-ULTRA se realizó a la semilla utilizada en la siembra de esta lechuga.

En resumen, los resultados en el % de principios activos del tomate irradiado post cosechan y de la lechuga de verano obtenida de la siembra de semillas irradiadas con diferentes longitudes de onda, aumentaron, propiciando mayor nutrición y beneficios alimentarios.

4. Conclusiones

Se diseñaron y desarrollaron equipos que permitieron cumplir el objetivo propuesto de estudiar el comportamiento de las semillas durante el proceso de germinación y de las plántulas cuando son irradiadas con diferentes longitudes de onda del espectro visible e infrarrojo cercano, valorando diferentes posibilidades de alimentación, predominando la versión a baterías que les permite su uso en condiciones de campo y de desastres naturales. La participación de estudiantes a través del trabajo científico estudiantil desde lo curricular, y especialistas de la Cátedra en la solución de problemas de interés nacional, muestra el impacto que la Universidad puede tener en la sociedad, lo cual implica la integración del proceso investigativo al docente desde la extensión. Además, han permitido desarrollar una Tesis de Maestría y varios Trabajos de Diploma de grado. Los tratamientos con luz a las semillas, han permitido dar respuesta a un problema que se corresponde al Programa Alimentario y las acciones a realizar ante el Cambio Climático.

Referencias

1. Aladjadjian A.: *"The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria"*, Journal of Central European Agriculture, 2007, vol. 8, no. 3, 369-380.
2. Álvarez A, Ramírez R, Chávez L, Camejo Y, Licea L, Porras E, et al.: *Efecto del tratamiento de semillas con láser de baja potencia, sobre el crecimiento y rendimiento en plantas de tomate* (Solanum lycopersicum L.) ITEA. 2011, Vol. 107 (4):290-9.
3. Benavides M. A, Ramírez R. H.: *Respuesta de las Plantas a la Radiación Electromagnética*. Departamento de horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2006. Disponible en: <http://dradalbertobenavides.com/arti/luzfisio.htm>.

4. Chirkova T.V.: *“Physiological mechanism of stability in plants”*, 2002, St. Petersburg, U.
5. Drozd D.T, Szajsner H, Turzyniecka-Malysz H.: *“Application of laser irradiation to increase of wheat sowing value-years 1993-1997”*, Proc. 1st. Int. Sci. Conf. Agrolaser, Lublin, 2001, vol. 26, no. 28, pp. 13-17.
6. Drozd D.T, Szajsner H.: *“Influence of presowing laser radiation on spring wheat characters”*, Int. Agrophys, 1999, vol. 13, pp. 79-85.
7. Fau de casa E, Martín J, Sanchez J, Tomás S, Escobar A.: *Uso de los LED en iluminación: Universidad Politécnica de Madrid*, 2007. Disponible en: <http://infoleds.wordpress.com>.
8. Funes-Monzote F, Márquez M.: *“Balance entre tecnología agroecológica y agroecología tecnológica”*. Leisa, Revista de Agroecología, 2017, Volumen 33, Número 3, pp. 14-16.
9. Hernández A, Carballo A, Artola A, Michtchenko A.: *“Laser irradiation effects on maize seed file performance”*, Journal Seed Science and Technology, 2006, vol. 34, no. 1 pp. 193-197.
10. Hernández C, Carballo A, Cruz-Orea A., Ivanov R, Michtchenko A.: *“Photoacoustic spectroscopy applied to the study of the influence of laser irradiation on corn seeds”*, EDP Sciences, Les Ulis, 2005, vol. 125, pp. 853-855.
11. Linares González EE.: *Metodología Sistemática en el Estudio de los Efectos Producidos en las Semillas de Frijol (Phaseolus Vulgaris L.) bajo tratamientos biofísicos pre-siembra*, 2008. [Maestría en Ciencias en Ingeniería de Sistemas]: Escuela Superior de Ingeniería Mecánica de Sistemas.
12. Podleśny J, Podleśna A.: *“Morphological changes and yield of selected species of leguminous plants under the influence of seed treatment whit laser light”*, Int. Agrophys, 2004, vol. 18, pp. 253-260.
13. Rybiński W, Garczyński S.: *“Influence of laser lighth on leaf area and parameters of photosynthetic activity in DH lines of spring barley (Hordeum vulgareL)”*, Int. Agrophys, 2004, vol. 18, pp. 261-267.
14. Szajsner H, Drozd D, Bieniek J.: *“Estimation of the effect of combining two ways for the improvement of wheat seeds”*, Acta Agrophysica, 2004, vol. 4, no. 3, pp. 809-813.
15. Szyrmer J, Klimont K.: *“The influence of the laser biostimulation on the quality of French bean seeds (Phaseolus vulgaris L)”*, IHAR, 2004, vol. 210, pp. 165-168.
16. Trushin M, Yagodina L, Chernov V.: *“The modification of biostimulating effect of IR laser radiation by genetic transformation”*, Laser Physics, 2002, vol. 12, no. 4, pp. 656-658.
17. Vasilevski G, Bosev D, Jevtic S, Lazic B.: *“Laser light as a biostimulator into the potato production”*, Acta Horticulture, 2005, vol. 462, pp. 325-328.

18. Wilczek M, Koper R, Cwintal M, Kornilowicz-Kowalska T.: “*Germination capacity and health status of alfalfa seeds after laser treatment*”, Int. Agrophysics, 2005, vol. 19, pp. 85-89.
19. Yi-Ping Chen, Yong-Jun liu, Xun-Ling Wang, Zhao-Yu Ren, Ming Yue: “*Effect of microwave and He-Ne laser on enzyme activity and biophoton emission of Isatis indigotica Fort*”, Acta Botanica Sinica, 2005, vol. 47, no. 7, pp. 849-855.
20. Zugasti Mota M.A.: *Fotosíntesis*, 2012. Available from:
<http://angelicacienciaactualcancez.blogspot.com/2012/03/fotosintesis.html>

Conflicto de Intereses

Los autores declaran la inexistencia de conflicto de interés con institución o asociación comercial de cualquier índole.

Contribución de los autores

Rubén Herrera Rodríguez: ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4772-1986>.

Conceptualización y sistematización de ideas; formulación de la fundamentación teórica; recopilación de datos; aplicación de técnicas estadísticas; conclusiones; redacción del manuscrito original; tutoría de estudiantes.

Nivia Cueto Zaldivar: ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9028-3310>.

Participó en el diseño de la investigación, atención y orientación a los estudiantes participantes, recopilación de resultados.

Peter Hersics: ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6901-8311>.

Conceptualización y sistematización de ideas; desarrollo de técnicas específicas; formulación de la fundamentación teórica de las componentes y partes; construcción de los prototipos, recopilación de datos.

Rolando Serra Toledo: ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4008-1947>.

Revisión y perfeccionamiento de las versiones, redacción de partes del manuscrito, tutoría de estudiantes en el trabajo científico estudiantil y adaptación a las normas de autores para la revista.

Anexo 1: Caja de tratamiento con LEDs rojos, verdes y azules-



Anexo 2: Caja con pantalla BIOFIEULTRA, para tratamiento pos cosecha.



Fig. 1: Comportamiento de la germinación de las semillas de maíz irradiadas con luz roja en un período de cuatro días.

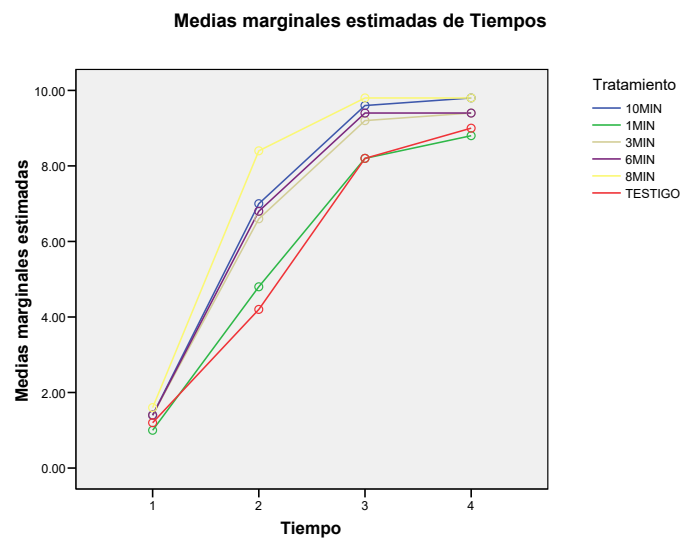


Fig. 2: Comportamiento de la germinación de las semillas de habichuela irradiadas con luz roja en un período de cuatro días.

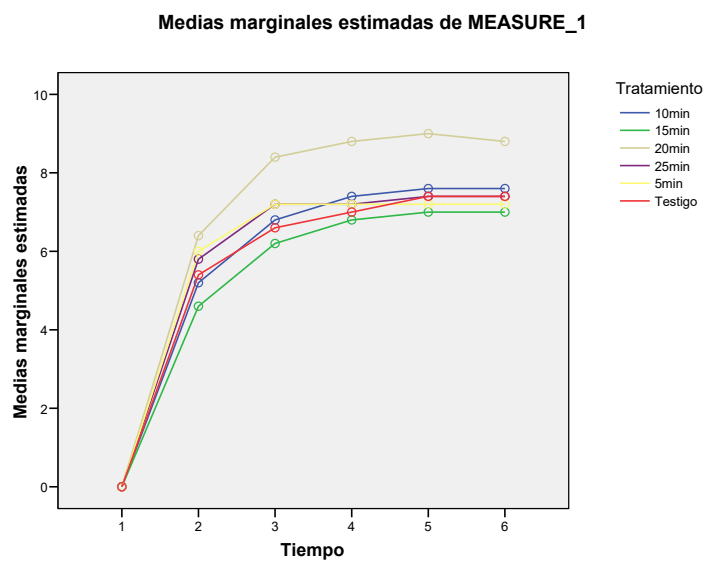


Fig. 3: Comportamiento de la germinación de las semillas de pepino irradiadas con luz roja en un período de cuatro días.

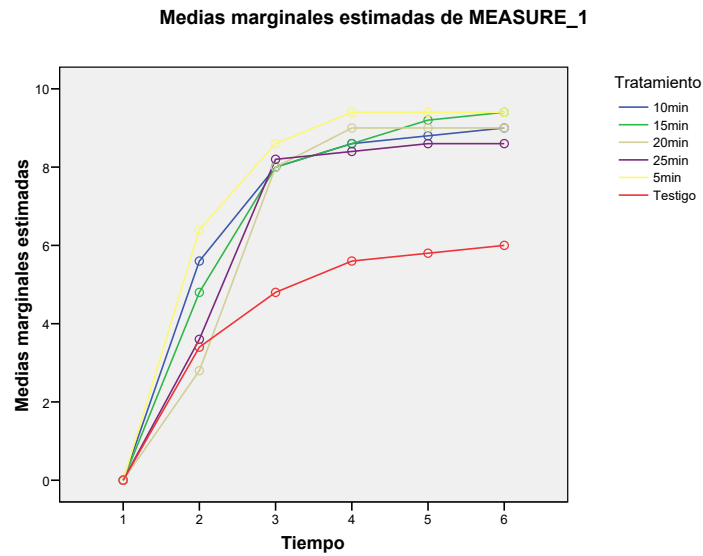


Tabla 1: Altura de las plántulas de habichuela y pepino, medias con letras diferentes para un nivel de significación de $p < 0,05$, según Test de Tukey.

Tratamientos	Longitud del tallo (cm) habichuela	Longitud del tallo (cm) Pepino
Testigo	14.7526 a	5,3750 a
5 min	17.8205 b	5,6978 ab
10 min	17.9415 b	5,9537 abc
15 min	18.1711 b	6,1524 bc
20 min	18.8111 b	6,5895 c
25 min	19.0912 b	6,6405 c

Tabla 2: Longitud de la raíz de las plántulas de habichuela y pepino, medias con letras diferentes para un nivel de significación de $p < 0,05$, según Test de Tukey.

Tratamientos	Longitud de la raíz (cm)	
	Habichuela	Pepino
Testigo	4.9316 a	4.60 a
5 min	6.4568 ab	4.74 a
10 min	6.6083 ab	4.86 a
15 min	6.7053 ab	5.35 a
20 min	8.7206 c	5.69 a
25 min	9.2073 c	5.89 a