DESDE 2013
https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/issue/archive
Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI

ISSN: 2007-6363

Publicación Semestral Pädi Vol. 13, No. Especial 2 (2025) 83-87

Control de un monocromador para el análisis de luz LED para uso agrícola
Control of a monochromator for the analysis of LED light for agricultural use

R. Gutiérrez-Fuentes[a, b], J. L. Luna-Sánchez[b,*], J. L. Jiménez-Pérez[b]

[a] *Tecnológico de Estudios Superiores de Villa Guerrero, División de Ingeniería Electrónica. Carretera Toluca-Ixtapan de la Sal Km 64.5, Col. La Finca, Villa Guerrero, Estado de México, México.*
[b] *Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas IPN. Av Instituto Politécnico Nacional 2580, La Laguna Ticomán, Gustavo A. Madero, 07340 Ciudad de México, México.*

Resumen

La luz juega un papel importante en el desarrollo de plantas ya sea de ornato o de consumo, no solo propiciando un crecimiento adecuado sino optimizando el uso de insumos para su desarrollo. En ese sentido en este proyecto se propone el control de un monocromador de la marca Oriel para optimizar el análisis de la luz LED que puede ser empleada en agricultura de precisión. Esto debido a que el modelo disponible en el laboratorio de técnicas fototérmicas de UPIITA-IPN es de operación manual y los tiempos de barrido son altos. Para esto se usa un microcontrolador PIC 18F4550, un motor a pasos nema 23 y su driver microstep TB6600, una tarjeta de adquisición de datos NI USB 6009 de National Instruments y el software LabVIEW 20.0. El sistema se prueba con un LED RGB dando como resultado las curvas correspondientes a cada color. Finalmente, se tiene un monocromador con un control de interface en LabVIEW para determinar las longitudes de onda de luz LED utilizada para agricultura.

Palabras Clave: Controlador, Monocromador, Técnicas Fototérmicas, Agrícola.

Abstract

Light plays an important role in the development of plants, whether ornamental or for consumption, not only by promoting adequate growth but also by optimizing the use of inputs for their development. In this sense, this project proposes the control of an Oriel brand monochromator to optimize the analysis of LED light that can be used in Precision Agriculture. This is because the model available in the UPIITA-IPN photothermal techniques laboratory is manually operated, and the scanning times are high. For this, a PIC 18F4550 microcontroller, a NEMA 23 stepper motor and its microstep driver TB6600, a NI USB 6009 Data Acquisition card of National Instruments and LabVIEW 20.0 software are used. The system is tested with an RGB LED, resulting in the curves corresponding to each color. Finally, there is a monochromator with an interface control in LabVIEW to determine the wavelengths of LED light used for Agriculture.

Keywords: Controller, Monochromator, Photothermal techniques, Agricultural.

1. Introducción

Debido al crecimiento de la población se han creado grandes edificios que carecen de luz natural. Principalmente los recintos de uso común como oficinas y salas de reuniones son espacios donde se cultivan plantas ornamentales para crear un ambiente natural. Dependiendo la variedad de especies cultivadas, es necesario adecuar la luminosidad, la temperatura y la humedad para obtener ejemplares bien desarrollados y atractivos. Una situación semejante se presenta en el cultivo de plantas que son usadas en la medicina tradicional (Bautista-González et al. 2022), cuya aceptación y uso trasciende fronteras y que con frecuencia sugiere el consumo de vegetales frescos de origen remoto (Paradiso et al. 2021). Además, existen algunas investigaciones que requieren la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas, algunas de las cuales están relacionadas con el rescate de especies vegetales en peligro de extinción (Yescas-Romo et al. 2023). En suma, el uso prudente de iluminación controlada con láser produce mejoras contundentes en aplicaciones agrícolas: Aumenta la tasa de germinación de semillas, incrementa la resistencia a enfermedades, mejora la calidad de los productos vegetales, lo

*Autor para la correspondencia: jluis.lunas@gmail.com

Correo electrónico: ruben_tol@yahoo.com.mx (Rubén Gutiérrez-Fuentes), jluis.lunas@gmail.com (José Luis Luna-Sánchez), jljimenez@ipn.mx (José Luis Jiménez-Pérez).

Historial del manuscrito: recibido el 16/03/2025, última versión-revisada recibida el 04/08/2025, aceptado el 06/08/2025, publicado el 15/09/2025. **DOI:** https://doi.org/10.29057/icbi.v13iEspecial2.14699

que se traduce en un crecimiento de la producción agrícola, con vegetales de mejor calidad que se obtienen con prácticas sostenibles (Hernández Aguilar, C. et al. 2010). Las plantas utilizan una porción específica del espectro electromagnético para llevar a cabo la fotosíntesis y otros procesos vitales (Arriaga-Arguelles 2024). El espectro electromagnético varía desde longitudes de onda muy cortas, como los rayos gamma y los rayos X, hasta longitudes de onda muy largas, como las ondas de radio. Sin embargo, las plantas solo utilizan una porción específica de este espectro para llevar a cabo la fotosíntesis y otros procesos vitales. La fotosíntesis utiliza la energía de la luz del sol, específicamente la porción del espectro visible que se encuentra entre los 400 y los 700 nm. A esta porción del espectro se conoce como la "ventana fotosintética", siendo que el efecto del espectro de luz natural es promover el crecimiento de las plantas. Las plantas utilizan las siguientes longitudes de onda para realizar la fotosíntesis y otros procesos vitales:

- Luz azul (400-500 nm): esta longitud de onda es absorbida por las clorofilas y otros pigmentos fotosintéticos, y se utiliza para impulsar la fotosíntesis y se ha demostrado que promueve el crecimiento de las raíces y la producción de clorofila en las plantas (Samuoliene et al. 2020).
- Luz roja (600-700 nm): esta longitud de onda también es absorbida por las clorofilas y otros pigmentos fotosintéticos, un estudio descubrió que aumentaba la producción de flores en las plantas de tomate (A. S. Dorokhov et al. 2021).
- Luz ultravioleta (UV) (200-400 nm): algunas plantas pueden utilizarla para regular el crecimiento y el desarrollo. Un estudio (Kakani et al 2003) descubrió que la luz UV-B (290-320 nm) inhibe el crecimiento de las raíces en las plantas de trigo.

Las plantas no utilizan las siguientes longitudes de onda:

- Rayos gamma y rayos X: estas longitudes de onda son demasiado cortas y energéticas para que las utilicen las plantas.
- Ondas de radio: estas longitudes de onda son demasiado largas y no tienen suficiente energía para ser útiles a las plantas.
- Infrarrojos (IR) (700-1400 nm): aunque algunas plantas pueden detectarla no la utilizan para la fotosíntesis.

Se deduce claramente la necesidad de un control automatizado la temperatura, la humedad y la luz. El objetivo de esta investigación es diseñar e implementar un controlador de un monocromador de luz, el cual proporcione información para dosificar la luz con la longitud de onda adecuada para los requerimientos de una especie vegetal específica. Los monocromadores comerciales son costosos y el mantenimiento periódico aumenta los costos operativos. Una buena opción es diseñar equipos que se ajusten al presupuesto del usuario y cuyo mantenimiento pueda ser proporcionado por él mismo, esto eliminará el tiempo de espera para la visita del técnico autorizado, eliminará o por lo menos disminuirá el costo del mantenimiento, aumentando la eficiencia económica del proceso de producción de vegetales.

2. Metodología

En la figura 1 se muestra la metodología ejecutada en el desarrollo del control del monocromador. En la primera etapa se busca información de cada uno de los componentes. En la segunda etapa, se construye un diagrama de flujo y el programa en C, que sirve para el control del motor en el microcontrolador y se realiza el programa en LabVIEW que se muestra en las figuras 3 a 5. En la tercera etapa se conectan cada uno de los componentes asegurando que haya comunicación del ordenador con la tarjeta de adquisición de datos NI USB 6009 de National Instruments, el microcontrolador, el driver TB6600 y el motor a pasos. Finalmente, se hacen pruebas utilizando un láser de 450nm, para asegurar la señal en esa longitud de onda, observando que hay un desfase cuando el sistema hace un barrido de mayor a menor longitud de onda, sin embargo, al realizar el barrido de menor a mayor longitud de onda, la lectura es correcta, en ese sentido se recomienda hacer los barridos de menor a mayor longitud de onda.

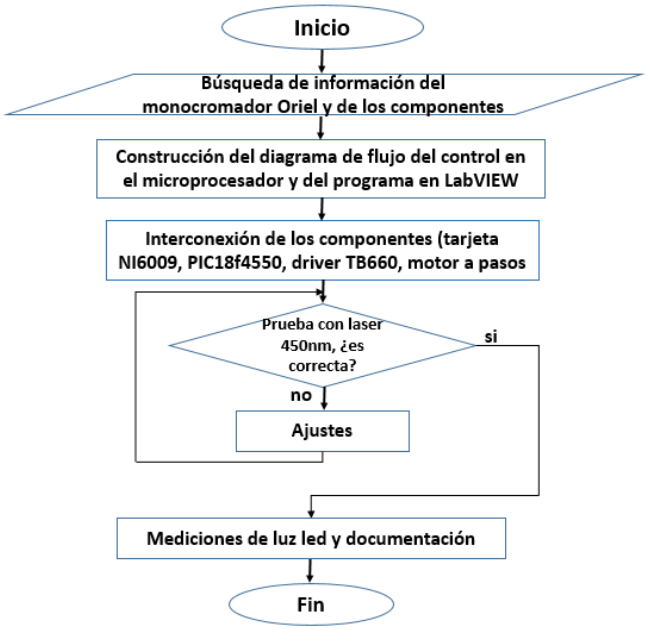

Figura 1. Metodología de la construcción del sistema de control del monocromador.

En la figura 2 se muestra el programa del microcontrolador, el cual al recibir el carácter “A” realiza un paso del motor y devuelve el carácter “C” para indicar al programa en LabVIEW que ha avanzado.

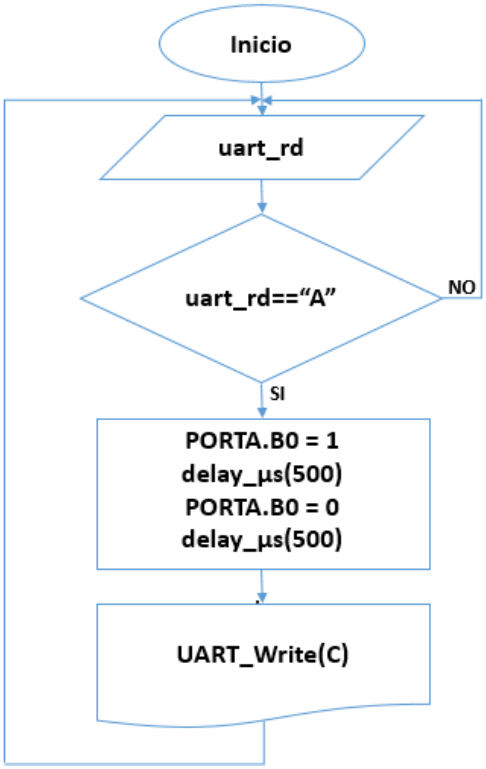

Figura 2. Rutina en el PIC18F4550 para el avance del monocromador.

Interface con el usuario

Para la interface con el usuario se desarrolla un programa en LabVIEW, en el cual, en el panel frontal se ingresa la posición inicial del monocromador en nm y se coloca el valor final al que se desea llegar, si es de menor a mayor o viceversa el programa en LabVIEW lo indica al microcontrolador para que ajuste el sentido de giro adecuado del motor. El movimiento del monocromador se hace a través de un motor nema 23 conectado al driver TB6600, que a su vez es controlado con el PIC18F4550 y comunicado al ordenador a través de un adaptador de puerto serie. Una vez que la conexión es correcta y realiza la rutina del movimiento, se procede a la adquisición de datos, esta se realiza con la tarjeta de adquisición de datos NI USB 6009 de National Instruments. Esta tarjeta propia del fabricante del software, se comunica también por un puerto serie usando el controlador VISA de LabVIEW. Así la rutina del programa es avanzar el motor, adquirir un dato y registrarlo en un archivo de datos, además de mostrarlo al usurario a través de una gráfica en el panel frontal mostrado en la figura 3.

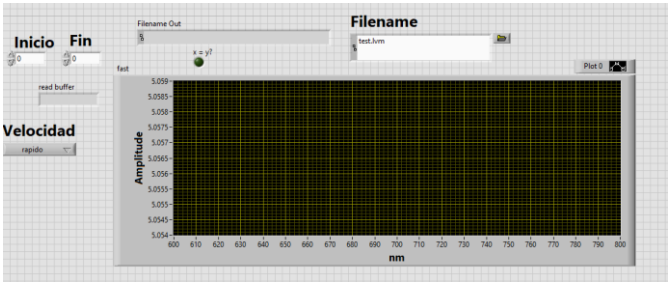

Figura 3. Panel frontal de la interface con el usuario.

El programa en LabVIEW consta de dos secciones principales, la primera es la que asegura que el rango es el correcto y determina el número de ciclos que corresponde al avance del motor. Este rango se establece de 400nm a 800 nm, para no dañar el engranaje del monocromador. Fig. 4.

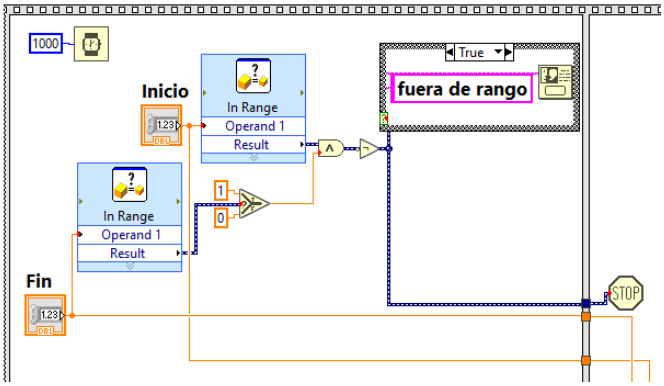

Figura 4 Primera parte del diagrama de bloques del programa en LabVIEW.

En la segunda sección del programa en LabVIEW se ha establecido un ciclo "while", con las repeticiones correspondiente al avance del monocromador y el registro de los datos en una gráfica y en un archivo de datos. (ver Fig. 4).

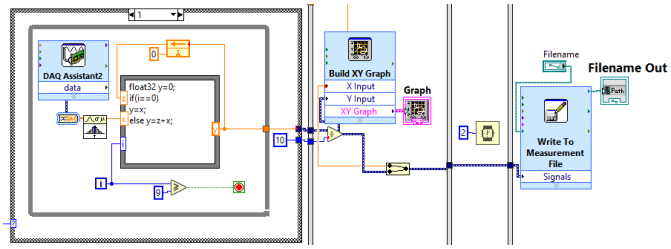

Figura 4. Diagrama de bloques de la sección de adquisición y registro de datos.

El montaje completo se presenta en la figura 5, en esta se muestra la interconexión de los elementos que integran el

sistema monocromador de barrido automático.

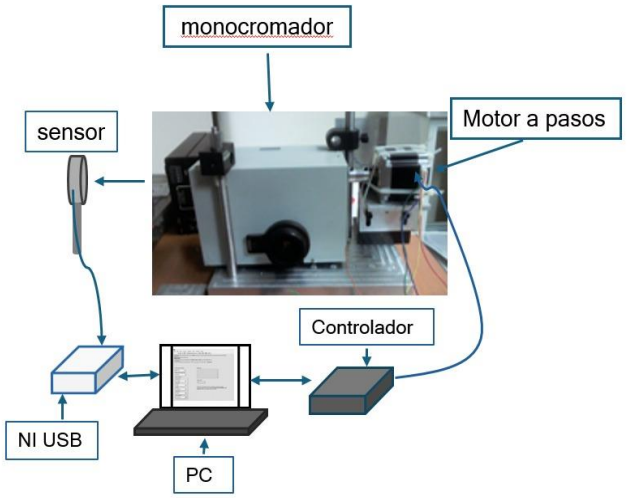

Figura 5. Sistema para el avance automático del monocromador.

3. Resultados

Se analizaron las longitudes de onda de un led RGB, en el cual se realizaron barridos de cada color y de un led blanco, en la figura 6 se muestra el barrido de la emisión de luz blanca. Para la obtención de la gráfica del led blanco, primero se posiciona el monocromador en 400nm y se coloca ese valor en "inicio" en el panel frontal del programa en LabVIEW y en "fin" se coloca el valor de 700nm. También se genera un archivo .dat y se coloca la dirección de este en "filename". Finalmente, se corre el programa y se obtienen los datos para ser procesados en el software OriginLab 6.0. De igual manera se procede con la generación de las otras gráficas, pero cambiando el valor "fin" para no hacer un barrido innecesario fuera del rango de cada color.

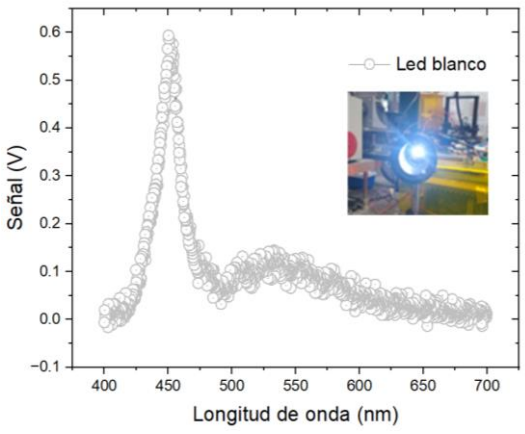

Figura 6. Barrido de la luz de un led que emite en el blanco.

En el barrido anterior se observan picos alrededor en 450 nm y 530 nm. Este resultado se puede comparar con el obtenido con en el led RGB emitiendo en los tres colores, en donde se acentúan las longitudes de onda que lo componen, (figura 7).

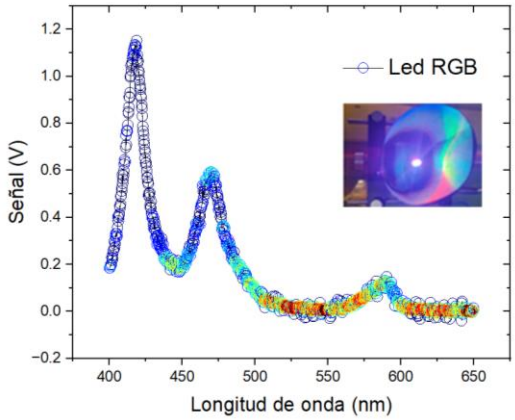

Figura 7. Barrido de la luz de un led RGB emitiendo en los tres colores.

Para observar cada pico de emisión del led RGB con más detalle, se hace un barrido de cada color, mostrando la utilidad de variar el rango de medición del control del monocromador. Cabe señalar que el driver TB6600 tiene la opción de dividir los pasos del motor, así se puede obtener precisión de ½ o ¼ de nm. El resultado de los barridos de cada color, del led RGB, se muestra en las figuras 8-10.

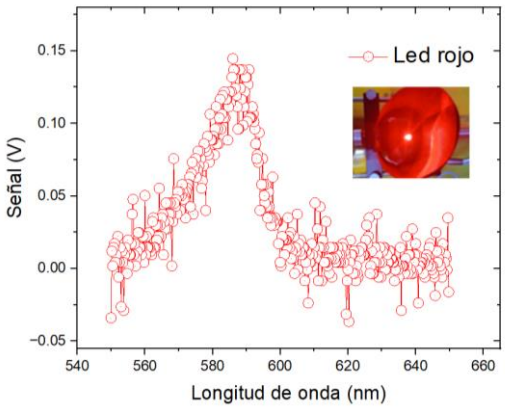

Figura 8. Barrido de la luz roja del led RGB.

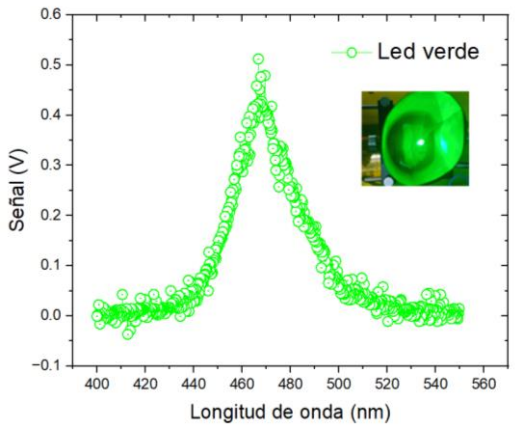

Figura 9. Barrido de la luz verde del led RGB.

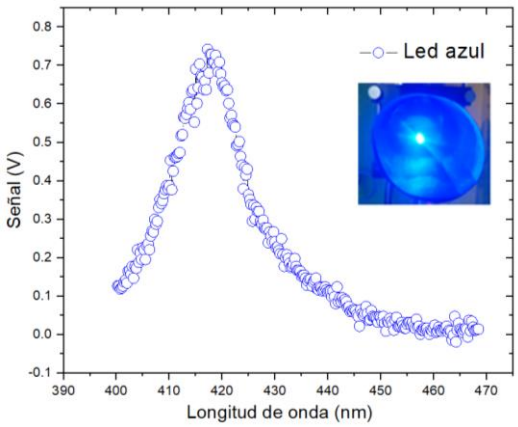

Figura 10. Barrido de la luz azul del led RGB.

Como ya se mencionó es importante resaltar que todos los barridos se realizaron de menor a mayor longitud de onda, ya que existe cierto desfase de aproximadamente 5nm, cuando se cambia el sentido del barrido, esto debido al sistema mecánico del monocromador. Por último, para comparar los tiempos para realizar las mediciones de forma manual y de forma automática, se ha registrado una medición de diez puntos, logrando observar la ventaja de usar este sistema. De forma manual se registraron diez mediciones en 40 segundos aproximadamente, y de forma automática se registraron en 4 segundos, con una velocidad media de medición. Entre otras ventajas, se pueden mencionar que se evita el error en la medición al usar un instrumento para medir el voltaje, como lo es un multímetro digital; además que de forma automática se pueden obtener fracciones de nanómetros, que de forma manual sería impreciso.

4. Conclusiones

Se ha presentado la implementación del control de un monocromador usando el programa LabVIEW, el PIC18F4550, la tarjeta de National Instrumentes, el driver del motor a pasos TB6600 y un motor a pasos nema 23. Comprobando su utilidad en el análisis de la luz led blanca y RGB, en los cuáles se pueden observar las diferentes longitudes de onda de emisión.

Los resultados obtenidos muestran la utilidad para analizar luz led que podrá ser aplicada a la Agricultura de precisión, encontrando las combinaciones específicas para cada etapa de las plantas, ya que esto favorecerá al crecimiento y follaje de la misma. Consideramos que estos resultados ejemplifican la automatización de procesos; útil tanto en laboratorios de investigación como en procesos industriales y cotidianos. Otras aplicaciones de este dispositivo pueden ser en las diferentes ramas de la Física como Óptica, Microscopia, en el análisis de luminiscencia o fluorescencia de muestras. También, en otras áreas científicas como Medicina, Química, Biología, entre otras.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de SECIHTI, IPN y UPIITA.

Referencias

Arriaga-Argüelles, M. F. (2024). Espectroscopía Fotoacústica con luz polarizada en pigmentos naturales Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Unidad Zacatenco. Departamento de Física Tesis de Maestría CDMX.

Bautista-González, J. A., Montoya, A., Bye, R., Esqueda, M., Herrera-Campos, M. de los A., (2022). Journal of Ethnobiology and Traditional knowledge of medicinal mushrooms and lichens of Yuman peoples in Northern Mexico. *J Ethnobiology Ethnomedicine* 18, 52. https://doi.org/10.1186/s13002-022-00550-8

Dorokhov, A. S., Smirnov, A.A., Semenova, N. A., Akimova, S. V., Kachan, S. A., Chilingaryan, N. O., Glinushkin, A. P. and Podkovyrov, I Y. (2021) The effect of far-red light on the productivity and photosynthetic activity of tomato. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 663 012044 IOP Publishing. DOI: 10.1088/1755-1315/663/1/012044

Estrada-Castillón, E. Villarreal-Quintanilla, J. Á., Mora-Olivo, A., Cuéllar-Rodríguez, G., Sánchez-Salas, J., Gutiérrez-Santillán, T. V., Valdes Alameda, R., González-Cuéllar, D. A., González-Montelongo, C., Arévalo Sierra., J. R. (2023). Ethnobotany of the Useful Native Species in Linares, Nuevo León, México. Sustainability, 15(15), 11565; https://doi.org/10.3390/su151511565

Hernandez, A. C., Dominguez P.A., Cruz O.A., Ivanov R., Carballo C.A., Zepeda B.R. (2010), Laser in agriculture. Int. Agrophys., 24, 407-422

Kakani, V. G., Reddy, K. R., Zhao, D., Sailaja. K. (2003). Field crop responses to ultraviolet-B radiation : a review. Agricultural and Forest Meteorology (120) 191–218 https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2003.08.015

Paradiso, R., Proietti. S. (2022). Light-quality manipulation to control plant growth and photomorphogenesis in greenhouse horticulture: The state of the art and the opportunities of modern LED systems. Journal of plant growth regulation 41:742–780 https://doi.org/10.1007/s00344-021-10337-y

Samuoliene, G., Viršile, A., Miliauskiene, J., Haimi, P. J., Laužike, K., Brazaityte, A. and Duchovskis. P. (2021) The Physiological Response of Lettuce to Red and Blue Light Dynamics Over Different Photoperiods. Frontiers in Plant Science. February 2021 | Volume 11 | Article 610174. doi: 10.3389/fpls.2020.610174.

Yescas-Romo, K. F.,| Hayano-Kanashiro, C., Molina-Freaner, F., (2024). Pollination biology of Gossypiumturneri Autonomous selfing provides reproductive assurance in an endangered wild cotton from Sonora, Mexico. PlantSpeciesBiol. 39:260–274. doi:10.1111/1442-1984.12474