



Melatonina y variabilidad genética en plantas: un enfoque integrador para la resiliencia agrícola

MANUEL MARTÍNEZ ESTÉVEZ*, ILEANA ECHEVARRÍA MACHADO, FÁTIMA MEDINA LARA Y
CAMILO ESCALANTE MAGAÑA

Unidad de Biología Integrativa, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Calle 43 No. 130
x 32 y 34. Colonia Chuburná de Hidalgo, 97205, Mérida, Yucatán, México.

*luismanh@cicy.mx

Resumen: La melatonina, una molécula conocida principalmente por su papel en los ciclos circadianos de los animales, ha emergido en la investigación botánica como un compuesto importante en la regulación del crecimiento y la respuesta al estrés en plantas. Estudios recientes han demostrado que la melatonina no solo actúa como un regulador del metabolismo en plantas, sino que también interactúa con la variabilidad genética de estas, lo que podría tener implicaciones importantes en la mejora de la resiliencia agrícola. La variabilidad genética en las plantas es esencial para su adaptación a condiciones ambientales cambiantes, y la melatonina podría desempeñar un papel crucial en la expresión de genes relacionados con la tolerancia a distintos tipos de estrés.

Palabras clave: Antioxidante, estrés abiótico, estrés oxidativo, prolina.



Gobierno de
México

Ciencia y Tecnología

Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación





La variabilidad genética es la diferencia en los genes que existe entre los individuos de una misma especie o población. Es decir, es la variedad de características genéticas que se encuentran en una población y es un factor clave en la capacidad de las plantas para adaptarse a diferentes entornos y condiciones adversas. Las diferencias en la secuencia del ADN y la expresión de genes específicos permiten que ciertas variedades de plantas sean más tolerantes al estrés que otras. En el contexto del mejoramiento agrícola, la identificación de genes relacionados con la resistencia al estrés es fundamental para la selección y desarrollo de cultivos que sean más resilientes a los cambios ambientales (Kanh *et al.* 2020).

¿Por qué es importante que la población conozca el efecto de la melatonina en las plantas? Debido a que esto puede tener varias implicaciones positivas. Primero, entender cómo la melatonina ayuda a las plantas a resistir el estrés y a crecer mejor puede promover prácticas agrícolas más sostenibles y eficientes, lo que beneficia a los agricultores y al medio ambiente. Además, al conocer estos efectos, las personas pueden valorar más la importancia de cuidar los ecosistemas y promover la conservación de las plantas. También, en un contexto más amplio, este conocimiento puede inspirar investigaciones y aplicaciones en biotecnología para mejorar cultivos y producir alimentos más resistentes y nutritivos. En definitiva, entender el papel de la melatonina en las plantas nos ayuda a apreciar mejor la naturaleza y a tomar decisiones más informadas para cuidar nuestro entorno.

La melatonina se ha encontrado en una amplia variedad de plantas, donde actúa como un antioxidante potente y un regulador del crecimiento. Sus funciones en las plantas son diversas e incluyen la modulación del metabolismo del carbono y nitrógeno, la promoción de la germinación de semillas y el desarrollo radicular,

así como la regulación del cierre estomático y la fotosíntesis (Moustakas *et al.* 2023). En condiciones de estrés, la melatonina actúa como un agente protector, ayudando a las plantas a contrarrestar el daño causado por factores como la salinidad, la sequía, el frío, y la toxicidad por metales pesados (Arnao & Hernández-Ruiz 2014).

La melatonina influye en la expresión de genes involucrados en la respuesta al estrés y en la síntesis de compuestos protectores, como antioxidantes y osmoprotectores, que son compuestos que las plantas, microorganismos y algunos animales producen o acumulan para protegerse del estrés causado por condiciones adversas, como la sequía, la salinidad o temperaturas extremas.

La variabilidad genética de las plantas puede afectar la eficiencia con la que se sintetiza la melatonina o se activa su ruta de señalización en respuesta a condiciones de estrés, lo cual implica que distintas variedades de plantas podrían tener niveles y respuestas variables de melatonina (Tan & Reiter 2020).

Por ejemplo, se ha demostrado que, en algunas plantas como arroz, tomate, chile, la aplicación exógena de melatonina puede inducir la expresión de genes relacionados con la síntesis de compuestos osmoprotectores como la prolina, así como genes que codifican enzimas antioxidantes (Weeda *et al.* 2014). Esta interacción sugiere que la variabilidad genética en la respuesta a la melatonina podría ser aprovechada para seleccionar plantas con mayor capacidad de tolerar condiciones de estrés. Además, la melatonina puede influir en la expresión de genes que regulan el transporte de iones, como el potasio y el sodio, lo cual es especialmente importante en condiciones de salinidad (Zuo *et al.* 2017).

El uso de melatonina en la agricultura tiene el potencial de ser una estrategia complementaria.



que posee y es como el "código" que determina muchas de las características que podemos observar, aunque no siempre se vean directamente) de plantas sugiere que es necesario realizar más investigaciones para comprender completamente los mecanismos subyacentes y optimizar las dosis y métodos de aplicación. Además, el costo de la melatonina en aplicaciones a gran escala podría ser una barrera, aunque con el desarrollo de técnicas de producción más eficientes, esto podría superarse.

La interacción entre la melatonina y la variabilidad genética en plantas representa un campo de investigación emergente con importantes implicaciones para la agricultura. La capacidad de la melatonina para modular la expresión de genes relacionados con la respuesta al estrés y aprovechar la diversidad genética de los cultivos sugiere que podría ser una herramienta valiosa en el mejoramiento de la resiliencia agrícola. Sin embargo, es fundamental continuar explorando los mecanismos específicos por los cuales la melatonina influye en la variabilidad genética y la respuesta al estrés, para así desarrollar estrategias agrícolas sostenibles y efectivas que aseguren la producción alimentaria en un contexto de cambio climático y condiciones ambientales adversas.

Referencias

- Arnao M.B. & Hernández-Ruiz J. 2014.** Melatonin: Plant growth regulator and/or biostimulator during stress? *Trends in Plant Science* 19(12): 789-797.
<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2014.07.006>
- Khan M.N., Khan Z., & Siddiqui M.H. 2020.** Melatonin and abiotic stress tolerance in plants: Implications for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science* 11: 1217.
- Moustakas M., Sperdouli I., Adamakis I.-D.S., Sals B., Isgören S., Moustaka J., & Morales F. 2023.** Mechanistic Approach on Melatonin-Induced Hormesis of Photosystem II Function in the Medicinal Plant *Mentha spicata*. *Plants* 2023: 12.
<https://doi.org/10.3390/plants12234025>
- Tan D.X. & Reiter R.J. 2020.** Melatonin: An ancient molecule that makes oxygen metabolically tolerable. *Journal of Experimental Botany* 71(16): 4673-4680.
- Weeda S., Zhang N., Zhao X., Ndip G., Guo Y., Buck G. A. & Ren S. 2014.** Arabidopsis transcriptome analysis reveals key roles of melatonin in plant defense systems. *PLOS ONE* 9(3): e93462.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093462>
- Zhang N., Zhao B., Zhang H.J., Weeda S., Yang C., Yang Z.C., Ren S., & Guo Y.D. 2013.** Melatonin promotes water-stress tolerance, lateral root formation, and seed germination in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of Pineal Research* 54(1): 15-24.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-079x.2012.01015.x>
- Zuo B., Zheng X., He P., Wang L. & Lei Q. 2017.** Exogenous application of melatonin improves plant resistance to stress. *Plant Physiology and Biochemistry* 118: 74-82.



Desde el Herbario CICY, 17: 174-178 (24-julio-2025), es una publicación semanal editada por el Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., con oficinas en Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 942-8330 Ext. 110, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editores responsables: Germán Carnevali, Patricia Rivera Pérez y José Luis Tapia Muñoz. Reserva de Derechos al Título Exclusivo No. 04-2016-041413195700-203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: 2395-8790. Responsable de la publicación: José Fernely Aguilar Cruz, Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Fecha de última modificación: 24 de julio de 2025. Las opiniones expuestas por los autores no necesariamente expresan la postura del editor de la publicación. De la misma manera, la responsabilidad sobre la veracidad y la precisión de los contenidos, le corresponde totalmente a los autores de los ensayos.