

MINIREVIEW: USO DE FITORREGULADORES EN EL MANEJO DE CULTIVOS AGRÍCOLAS

¹Job Jonathan Castro Ramos*, ¹María Myrna Solís Oba, ¹Rigoberto Castro Rivera, ²Carlos Ligne Calderón Vázquez.

¹Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada, Instituto Politécnico Nacional, Carretera Estatal Santa Inés Tecuexcomac-Tepetitla km 1.5, Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala, México C.P. 90700. ²Departamento de Biotecnología Agrícola, CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, Bulevar Juan de Dios Bátiz Paredes #250, Colonia San Joachin, CP 81101 Guasave, Sinaloa, México.

*jonathan_castro@live.com.mx

RESUMEN

Una herramienta importante en el manejo de cultivos agrícolas es la utilización de fitorreguladores o reguladores del crecimiento vegetal. La aplicación de estos compuestos permite modificar el desarrollo de las plantas logrando desde inducir el aclareo, la floración, cuajado, maduración y el aumento en el tamaño de frutos; hasta omitir el requerimiento de horas frío en árboles frutales, así como limitar el tamaño de las plantas para obtener mayor densidad de siembra y facilitar tareas de cosecha. De esta forma, los fitorreguladores aplicados en la forma adecuada pueden mejorar el rendimiento, productividad, aspectos de calidad y etapas operativas del cultivo. En este artículo de revisión se presentan algunos de los aspectos más importantes de los fitorreguladores como: efectos fisiológicos en las plantas, productos de origen comercial y su aplicación, así como ejemplos de su utilización en algunos cultivos agrícolas.

Palabras clave: fitorreguladores, bioestimulantes, agricultura, producción

Abstract

An important tool in the management of agricultural crops is the use of plant growth regulators. The application of these compounds allows to modify the development of the plants achieving from inducing thinning, flowering, fruit setting, ripening and the increase in the size of fruits, to omitting the requirement of cold hours in fruit trees as well as limiting the size of plants to obtain greater density of sowing and facilitate tasks of harvest. In this way, plant growth regulators applied in the proper way can improve yield, productivity, quality aspects and operational stages of the crop. This review article presents some of the most important aspects of plant growth regulators, such as physiological effects on plants, production, products of commercial origin and their application, as well as some examples of their use in some agricultural crops.

Key words: Plant growth regulators, biostimulants, agriculture, production



I. INTRODUCCIÓN

Los primeros indicios sobre el mecanismo de regulación del crecimiento vegetal fueron reportados en el siglo XIX por Charles Darwin y por Julius von Sachs, al demostrar que algunos de estos procesos eran regulados por sustancias que se transportaban de un sitio a otro en las plantas (Santner, et al. 2009). Posteriormente, estos compuestos se denominaron fitohormonas, y su identificación ocurrió durante el transcurso del siguiente siglo, con el descubrimiento de las auxinas y giberelinas en 1926; así como de las citoquininas y ácido abscísico en 1955 y 1960 respectivamente (Baca y Elmerich, 2003).

Las fitohormonas son compuestos producidos por las plantas activos a muy bajas concentraciones, que regulan sus procesos fisiológicos, por ejemplo, la germinación, crecimiento, floración, formación de frutos, respuesta a tropismos, condiciones de estrés, entre otros (Rademacher, 2015). Existen compuestos análogos a las fitohormonas, llamados fitorreguladores, biorreguladores o reguladores del crecimiento vegetal, estos son compuestos naturales sintetizados por microorganismos del suelo y microorganismos asociados a las plantas. Los fitorreguladores también son producidos por síntesis química, presentando en algunos casos una estructura diferente a los producidos naturalmente, pero con una actividad biológica similar (Lluna-Duval, 2006). Entre estos compuestos se incluyen las sustancias capaces de inhibir la producción de fitohormonas, limitar su translocación a su sitio de acción, así como las moléculas capaces de bloquear los sitios receptores de las fitohormonas (Rademacher, 2015). Estos compuestos alcanzaron gran auge con el inicio de la revolución verde.

También existen productos de origen natural llamados bioestimulantes, los cuales son extractos de composición compleja que contienen nutrientes y pueden contener fitohormonas. Algunos ejemplos son productos de extractos de algas como Biozyme, Cytosome y Cytex (Silva-Garza, et al. 2001; Rademacher, 2015).

Los principales grupos de fitorreguladores (Figura 1) son las auxinas, giberelinas, citoquininas, ácido abscísico y etileno; además de otros grupos como los brasinoesteroides, jasmonatos, poliaminas, salicilatos, oligopéptidos y óxido nítrico Asgher et al. (2015), que se han incorporado debido

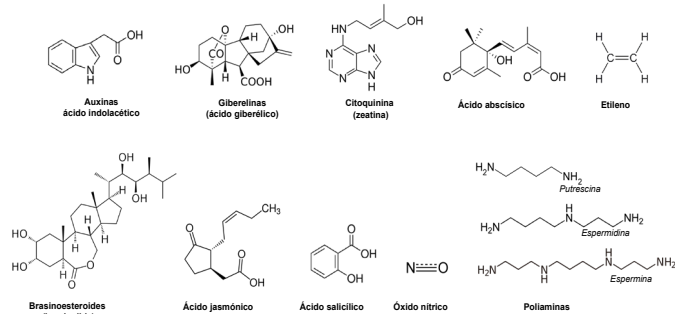


Figura 1. Estructuras de los diferentes grupos de fitorreguladores.

a su actividad biológica (Segura, 2013).

Los fitorreguladores son utilizados en la agricultura para modificar eventos específicos durante el ciclo de vida de las plantas, logrando mejorar aspectos importantes en la producción agrícola, con lo que se puede conseguir aumentar la calidad y rendimiento de los cultivos, así como programar cosechas; también son utilizados para facilitar labores operativas durante el cultivo (Díaz, 2017). Algunos productos comerciales a base de fitorreguladores se presentan en la Tabla I.

Tabla I. Productos comerciales a base de fitorreguladores y su aplicación en cultivos agrícolas.

Nombre comercial	Composición	Efecto en los cultivos	Origen
Amcotone	Ácido naftalenacético y naftalenacetamida	Inductor de cuajado de frutos	Sintético
Amid-Thin	Naftalenacetamida	Aclareo químico de manzana	Sintético
Novagib	Giberelinas	Cuajado y aumento de tamaño de frutos	Natural
Perlan	Giberelinas y 6-benziladenina	Cuajado y aumento de tamaño de frutos	Sintético
Set-Fruit	Ácido giberélico	Cuajado y aumento de tamaño de frutos	Natural
Agromil-V	Citoquininas, giberelinas, auxinas	Bioestimulación orientada a la productividad	Natural
Rooting	Auxinas, citoquininas, vitaminas, fósforo (P ₂ O ₅)	Formación y crecimiento de raíces	Natural
Acigib	Ácido giberélico	Estimulación de la brotación germinación	Natural

I. EFECTO DE LOS FITORREGULADORES EN LAS PLANTAS

La utilización de los diferentes tipos de fitorreguladores se encuentra en función del proceso que se requiera modificar; en términos generales las auxinas, giberelinas y citoquininas regulan la división y la elongación celular. De manera individual las auxinas se encuentran involucradas en la diferenciación celular, en el desarrollo y extensión de raíces, formación de tejidos del floema y xilema así como la respuesta a tropismos (Gutiérrez et al. 2009). Por su parte, las giberelinas participan en la terminación de la dormancia, el control de la senescencia, en la inducción de la germinación y floración, así como en el desarrollo de los frutos. (Li et al. 2015). Los efectos de las citoquininas incluyen la promoción de la división celular, la diferenciación de cloroplastos, el desarrollo de brotes y el antagonismo de la senescencia, además regulan la floración en algunas especies de plantas (Flórez y Pereira, 2008). El ácido abscísico regula la respuesta a condiciones de estrés abiótico, participa en el mantenimiento de la dormancia, apertura estomática, almacenamiento de proteínas y síntesis de lípidos (Dar et al. 2017).

Los fitorreguladores ejercen sus efectos en las plantas de forma individual, aditiva, sinérgica o antagónica, por lo cual, dependiendo del balance de estos compuestos, se generan diferentes respuestas en las plantas (Pan, et al. 2008). Por ejemplo, la germinación está mediada por el efecto antagónico de giberelinas y ácido abscísico, pues mientras las giberelinas promueven el rompimiento del estado de latencia de las semillas, el ácido abscísico promueve la dormancia (Li et al. 2015; Dar et al. 2017).

En la regeneración in vitro de tejidos vegetales un contenido equimolar de auxinas y citoquininas genera la formación de una masa de células desdiferenciadas (callos vegetales), mientras que el desplazamiento del balance hacia las auxinas o citoquininas promueve el enraizamiento o la formación del tallo respectivamente (Baca y Elmerich, 2003). Durante el crecimiento, la dominancia apical está influenciada por las auxinas, sin embargo, un incremento en la concentración de citoquininas regula este efecto promoviendo el crecimiento del cuerpo vegetativo lateral.

Tomando en cuenta lo anterior, es importante considerar los tipos y proporción de fitorreguladores, si se pretende utilizar estos compuestos para el manejo de cultivos, además de otros factores como la etapa de desarrollo de las plantas.

3. UTILIZACIÓN DE FITORREGULADORES EN LA AGRICULTURA

Los fitorreguladores han sido utilizados para el manejo agrícola de diferentes cultivos, a continuación se exponen algunos ejemplos:

A) En frutales de zona templada, entre los que se encuentran el ciruelo, cerezo, peral y manzana, la dormancia invernal es un factor que limita el cultivo fuera de zonas templadas, debido al requerimiento de horas frío. El uso de fitorreguladores sintéticos como la cianamida de hidrógeno (comercializado como Dórmex) y el tidiazurón (citoquinina) sustituye este requerimiento, permitiendo la brotación de yemas vegetales así como la floración y fructificación (Egea, 2011). Debido a su efecto, estos fitorreguladores también se utilizan para adelantar cosechas. Por su parte, la delimitación de las dimensiones de este tipo de árboles se logra con la aplicación de paclobutrazol, un fitorregulador sintético que inhibe a las giberelinas; así, se consigue obtener árboles del tamaño requerido facilitando las labores de cosecha. En cuanto al aumento de tamaño de frutos, se han utilizado compuestos del grupo de las auxinas principalmente el ácido diclorofenoxiacético (2,4 D), un compuesto sintético inicialmente utilizado como herbicida (Egea, 2011).

B) En el cultivo de tomatero, se ha utilizado el cloromequat para la obtención de plantas de menor altura, lo cual permite aumentar la densidad de siembra y reducir el acame, además, este compuesto favorece la resistencia al trasplante y sequía. La abscisión de flores es uno de los principales problemas en el cultivo de tomatero, para mitigar este problema se utilizan compuestos auxínicos sintéticos los cuales aumentan el prendimiento floral (Ramírez-Rodríguez, 2003). En este sentido, Sarkar et al. (2014) realizaron experimentos en dos variedades de tomate: BARI hybrid tomato-3 y BARI hybrid tomato-4, encontrando que la aplicación de ácido 2,4 diclorofenoxiacético (compuesto auxínico) aceleró la floración y fructificación, además incrementó el número

de racimos de flores y frutos, en la variedad BARI hybrid tomato-4.

Por su parte, para la maduración de frutos de tomate se ha utilizado etefón, este fitorregulador es absorbido por las hojas y los frutos induciendo la producción de etileno, logrando adelantar la cosecha hasta 7 días (Ramírez-Rodríguez, 2003).

C) En el cultivo de uvas Crimson Seedlees, un aspecto importante de calidad y que limita la cosecha es el desarrollo del color rojo característico de esta variedad. En climas cálidos el desarrollo de esta característica se ve afectado a consecuencia de las altas temperaturas. El principal producto utilizado para tratar este problema es el etefón, además del ácido abscísico. La utilización de una concentración de 150 mg/L ya sea de etefón o de ácido abscísico permite adelantar la cosecha 10 días, sin embargo, la utilización de una concentración de 300 mg/L de ácido abscísico permite adelantar la cosecha 30 días. En ninguno de los casos se afecta el rendimiento o la calidad poscosecha de las uvas, no obstante, con la utilización de ácido abscísico se obtienen uvas de mejor apariencia después de haber sido almacenadas en frío, en comparación con las uvas tratadas con etefón (Cantín et al. 2007).

D) En el cultivo de melón, la aplicación de 100 a 200 mg/L de ácido naftalenacético (ANA) en un periodo de 14 días después de la floración aumenta el tamaño de los frutos, un importante aspecto de calidad para el producto de exportación (Montaño y Méndez 2009). El ANA también se ha utilizado satisfactoriamente en el cultivo de manzana, logrando obtener una producción de 16.79 t/ha y frutos de mayor tamaño al utilizar una concentración de 5000 mg/L de ANA, en comparación con lo obtenido en el cultivo sin la aplicación del compuesto (14.81 t/ha). En este sentido, es importante mencionar que las auxinas participan en la división y elongación celular, lo que contribuye en el aumento del tamaño de los frutos. Por su parte, en la producción de mandarina Clementina Esbal, la aplicación de una concentración de 20 ppm de 2,4-D posterior a la floración reduce el número de frutos sin afectar el rendimiento total, lo que se traduce en el aumento del tamaño medio de los frutos, reduciendo el porcentaje de producto no comercializable (Karishma et al. 2019).

E) Para la producción de algodón se han utilizado diversos fitorreguladores de origen sintético logrando controlar el crecimiento de las plantas y mejorar el rendimiento en la producción. Sin embargo, la variación en los cambios ambientales, las condiciones de cultivo y la inadecuada aplicación de los fitorreguladores hace que los resultados sean inconsistentes (Oosterhuis y Robertson, 2000).

CONCLUSIONES

El conocimiento del efecto biológico que ejercen los fitorreguladores en las plantas permite su utilización para la manipulación de los eventos fisiológicos durante su desarrollo, resultando ser de especial utilidad en la producción agrícola.

La adecuada selección y aplicación de los fitorreguladores durante el cultivo de plantas de interés agrícola, representa una importante herramienta para mejorar algunos de los aspectos de mayor interés en su producción, logrando adelantar cosechas, aumentar la densidad de siembra, inducir la maduración de frutos, así como mejorar aspectos importantes de calidad, como son la pigmentación y el incremento en el tamaño de frutos.

REFERENCIAS

Agroenzimas. (sin fecha). Biorreguladores y bioestimulantes. Recuperado de, <http://www.agroenzimas.com.mx/Pac/esp/>

Asgher, M., Khan, M., Anjum, N., Khan, N. (2015). Minimising toxicity of cadmium in plants role of plant growth regulators. *Protoplasma*, 252: 399–413.

Baca, B. E., Elmerich, C. (2003). En: E., Elmerich, Newton, W. E. (eds.), *Microbial production of plant hormones, Associative and Endophytic Nitrogen-fixing Bacteria and Cyanobacterial Associations*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Cantín, C. M., Fidelibus, M. W., Crisosto, C. H. (2007). Application of abscisic acid (ABA) at veraison advanced red color development and maintained postharvest quality of Crimson Seedless grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 46: 237–241.

Dar, N., Amin, I., Wani, W., Wani, S., Shikari, A., Wani, S., Masoodi, K. (2017). Abscisic acid: A key regulator of abiotic stress tolerance in plants. *Plant Gene*, 11: 106–111.

Díaz, M.D. 2017. Biorreguladores de Crecimiento en las Plantas. Serie Nutrición Vegetal Núm. 89. Notas Técnicas de INTAGRI. México.

Egea, J. (2011). Aplicación de fitorreguladores en frutales de zona templada. En: *Los fitorreguladores en la agricultura*.

Flórez, V. J., Pereira- Aleixo, M. F. (2008). Las citoquininas están asociadas al desarrollo floral de plantas de *Solidago x luteus* en días cortos. *Agronomía Colombiana*, 26 (2): 226-236.

Gutierrez, C. K., Matsui, G. Y., Lincoln, D. E., Lovell, C. R. (2009). Production of the Phytohormone Indole-3-Acetic Acid by Estuarine Species of the Genus *Vibrio*. *Applied and Environmental Microbiology*, 75 (8): 2253-2258.

Karishma, S., Arya, M. S., Reshma, U. R., Anaswara S. J., Syama S. T. (2019). Impact of Plant Growth Regulators on Fruit Production. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8 (2): 800-814.

Li, G., Liu, S., Sun, Z., Xia, L., Chen, G., You, J. (2015). A simple and sensitive HPLC method based on pre-column fluorescence labelling for multiple classes of plant growth regulator determination in food samples. *Food Chemistry*, 170: 123–130.

Lluna-Duval, R. (2006). Hormonas vegetales: crecimiento y desarrollo de la planta. *Horticultura*, 196: 22-26.

Montaño, N. J., Méndez, J. R. (2009). Efecto del ácido indol-3-acético y el ácido naftalenacético sobre el largo y ancho del fruto de melón (*Cucumis melo* L.) cultivar Edisto 47. *Revista UDO Agrícola*, 9 (3): 530-538.

Oosterhuis, D., Robertson, W. (2000). The use of plant growth regulators and other additives in cotton production. Recuperado el 23 de Enero de 2019 de: https://www.researchgate.net/publication/242152959_The_use_plant_growth_regulators_and_other_additives_in_cotton_production

Pan, X., Welti, R., Wang, X. (2008). Simultaneous quantification of major phytohormones and related compounds in crude plant extracts by liquid chromatography–electrospray tandem mass spectrometry. *Phytochemistry*, 69: 173–178.

Química Massó. (Sin fecha). La gama más amplia de fitorreguladores para la fruticultura moderna. Recuperado de, <http://www.massagro.com/es/>

Rademacher, W. (2015). Plant Growth Regulators: Backgrounds and Uses in Plant Production. *Journal of Plant Growth Regulation*, 34: 845–872.

Ramírez-Rodríguez, H. (2003). El uso de hormonas en la producción de cultivos hortícolas para exportación. Recuperado el 13 de diciembre de 2017 de, <http://www.uaaan.mx/postgrado/index.php/simposio2003horticultura.html>

Santner, A., Calderon-Villalobos, L. I., Estelle, M. (2009). Plant hormones are versatile chemical regulators of plant growth. *Natural Chemical Biology*, 5 (5): 301-307.

Sarkar, M. D., Shah-Jahan, M., Kabir, M. H., Kabir, K., Rojoni, R. N. (2014). Flower and Fruit Setting of Summer Tomato Regulated by Plant Hormones. *Applied Science Reports*, 7 (3): 117-120.

Segura, J. (2013). Introducción al desarrollo. Concepto de hormona vegetal. En J. Azcón-Bieto, M. Talón (Eds.), *Fundamentos de fisiología vegetal* (349-376). Segunda edición. Madrid, España: MacGraw-Hill.

Silva-Garza, M., Gámez-González, H., Zavala-García, F., Cuevas-Hernández, B., Rojas-Garcidueñas, M. (2001). Efecto de cuatro fitorreguladores comerciales en el desarrollo y rendimiento del girasol. *Ciencia UANL*, 4 (1): 69-75.