

Hormonas vegetais em culturas de arroz (*Oryza sativa* L.)

Vegetal hormones in rice crops (*Oryza sativa* L.)

DOI: 10.34188/bjaerv5n4-064

Recebimento dos originais: 05/08/2022

Aceitação para publicação: 30/09/2022

Carlos Touma Henríquez

Master en Riego y Drenaje por la Universidad Agraria del Ecuador
Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias
Km 7,5 vía Babahoyo-Montalvo, Ecuador
Correo electrónico: ctoumah@utb.edu.ec

Victoria Rendón Ledesma

Magister en Educación Agropecuaria Mención Desarrollo Sostenible
Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias
Km 7,5 vía Babahoyo-Montalvo, Ecuador
Correo electrónico: vrendon@utb.edu.ec

Tito Bohórquez Barros

Magister en Administración de Empresa por la Universidad Técnica de Babahoyo
Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias
Km 7,5 vía Babahoyo-Montalvo, Ecuador
Correo electrónico: xbohorquez@utb.edu.ec

Mario Quispe Sandoval

Maestro en Ciencias Centro de Genética por el Colegio de Postgraduados Montecillo – México
Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias
Km 7,5 vía Babahoyo-Montalvo, Ecuador
Correo electrónico: mquispe@utb.edu.ec

RESUMO

O objetivo da presente investigação era determinar os efeitos dos hormônios vegetais na produção de arroz. A variedade de arroz INIAP 16 foi utilizada como material vegetal. Os tratamentos consistiram em produtos à base de hormônio vegetal com suas respectivas doses, tais como Green Master em doses de 1,0 e 1,5 L/ha, Cytokin 1,5 e 2,0 L/ha, New Gibb 40 e 45 g, mais um controle absoluto (sem aplicação). Para a análise dos resultados, foi utilizado o Randomised Complete Block Design, com sete tratamentos e três réplicas, dando um total de 21 parcelas experimentais. O teste Tukey foi usado para comparar a diferença entre as médias a 5% de probabilidade. As parcelas experimentais tinham 3 x 6 m de tamanho. O espaçamento entre as réplicas era de 1 metro. Foram realizados os trabalhos agrícolas necessários para o desenvolvimento normal da cultura do arroz, tais como análise do solo, preparação do solo, sementeira, aplicação de hormônios vegetais, irrigação, fertilização, controle de ervas daninhas, controle fitossanitário e colheita. Para estimar os efeitos dos tratamentos, foram avaliados dados sobre a altura da planta na colheita, número de perfilhos/m², número de panículas, dias até a floração, comprimento do panículo, grãos por espiga, peso de 1000 grãos, rendimento de grãos. Através da análise dos resultados, foi determinado que a aplicação de hormônios vegetais teve efeitos benéficos no rendimento da cultura do arroz; nas variáveis altura da planta, número de perfilhos/m e panículas/m, as médias mais altas foram alcançadas quando o Cytokin foi usado na dose de 2,0 L/ha; Não houve diferenças significativas

nos dias de floração e maturação; o uso de Cytokin na dose de 2,0 L/ha obteve melhores valores nas variáveis comprimento do panículo, grãos por espiga e peso de 1000 grãos e o maior rendimento e lucro líquido foi relatado com Cytokin na dose de 2,0 L/ha com 4678,0 kg/ha e \$ 307,30.

Palavras-chave: Hormônios, efeito, arroz, rendimento,

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the effects of plant hormones on rice yield. The INIAP 16 rice variety was used as plant material. The treatments consisted of plant hormone-based products with their respective doses, such as Green Master in doses of 1.0 and 1.5 L/ha, Cytokin 1.5 and 2.0 L/ha, New Gibb 40 and 45 g, plus an absolute control (without application). For the analysis of the results, the Randomized Complete Block Design was used, with seven treatments and three replications, which gave a total of 21 experimental plots. For the comparison of mean differences, the Tukey test was used at 5% probability. The experimental plots were 3 x 6 m in size. The spacing between replications was 1 meter. The agricultural tasks necessary for the normal development of the rice crop were carried out, such as soil analysis, soil preparation, sowing, application of plant hormones, irrigation, fertilization, weed control, phytosanitary control and harvesting. To estimate treatment effects, data on plant height at harvest, number of tillers/m², number of panicles, days to flowering, panicle length, grains per ear, 1000-grain weight and grain yield were evaluated. Through the analysis of the results, it was determined that the application of plant hormones had beneficial effects on the yield of the rice crop; in the variables plant height, number of tillers/m and panicles/m, the highest averages were reached with the use of Cytokin at a dose of 2.0 L/ha; There were no significant differences in days to flowering and ripening; the use of Cytokin at a dose of 2.0 L/ha obtained better values in the variables panicle length, grains per spike and weight of 1000 grains and the highest yield as well as net profit was reported with Cytokin at a dose of 2.0 L/ha with 4678.0 kg/ha and \$ 307.30.

Keywords: Hormones, effect, rice, yield,

1 INTRODUCCIÓN

Jeanty (2015), menciona que las sustancias hormonales en las plantas juegan un papel vital en la regulación de los procesos de crecimiento y desarrollo en los órganos de la planta. Cuando es secretada, cada hormona tiene efectos sobre los procesos metabólicos celulares, lo que en última instancia controla todas las áreas dentro del ciclo de vida de la planta. Cuando se secreta en cantidades excesivas o deficientes, pueden desencadenarse alteraciones en los procesos de crecimiento normal o natural.

Blanco (2015), aclara que una hormona vegetal es un compuesto orgánico sintetizado en un lugar de la planta y trasladado a otra parte donde, en concentraciones muy bajas, produce una respuesta fisiológica. No se consideran fitohormonas: Reguladores orgánicos de crecimiento sintetizados en laboratorio (2,4-D, por ej.); Iones inorgánicos como el K⁺ o Ca²⁺, aunque produzcan respuestas importantes en la planta. La sacarosa, porque provoca crecimiento sólo en concentraciones elevadas.

AGROASA (2012), menciona que los eventos fisiológicos se regulan por la presencia y acción de hormonas en los tejidos vegetales, las cuales se sintetizan en cualquier parte de la planta y se movilizan en todos sentidos. Las hormonas más importantes son: auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, abscisico, brasinoesteroides, salicílico y los jasmonatos y las poliaminas. Los biorreguladores son productos agroquímicos que contienen compuestos hormonales que pueden utilizarse para manipular diversos procesos fisiológicos de las plantas y así aumentar el potencial de producción o la calidad de los productos cosechados.

Gómez y García (2016), mencionan que el cultivo del arroz son pocas las hormonas que se pueden utilizar para regular los procesos de crecimiento o reproductivos, y solo las giberelinas y las citocininas han mostrado efectos consistentes. De las giberelinas está disponible el Ácido Giberelico (AG), el cual es soluble en agua, pero a la vez se degrada con facilidad si permanece por algún tiempo en soluciones acuosas. La principal característica del efecto del AG al ser aplicado a las plantas de arroz es el estimular el crecimiento de tejidos, lo cual ocurre por promover el alargamiento de las células, aunque también induce cierta división celular. De las citocininas hay distintos compuestos, los cuales se diferencian por la bioactividad, potencia u “octanaje” que tienen cada uno de ellos; son de baja solubilidad en el agua y toleran su degradación en soluciones acuosas. Las citoquininas tienen la función fisiológica de estimular la multiplicación de células en los tejidos, y son críticas en la regulación de la forma y tamaño de la panícula y en auxiliar en el desarrollo de estructuras reproductivas (flores, óvulos, etc.).

Gil (2008), acota algunos efectos sobre la división celular, germinación de las semillas y maduración, tales como:

a. Efectos de la división celular

El crecimiento y desarrollo de plantas dependen de las diferentes tasas de división celular que tienen lugar dentro de las estructuras vegetales. Según el Servicio de Extensión de la Universidad Estatal de Oregón, las tasas de división celular están reguladas por las cantidades de hormonas secretadas dentro de las diferentes áreas del cuerpo de la planta. Los productos químicos hormonales específicos tales como auxinas y giberelinas afectan el crecimiento de la flor y de la fruta, así como las tasas de alargamiento del tallo. Los procesos de desarrollo de la planta se llevarán a cabo a medida que las actividades de la división celular dan lugar a estructuras diferenciadas que forman las raíces, tallos y hojas, de acuerdo a Biology Online, un sitio de referencia basado en la ciencia. Los procesos de desarrollo se originan en el ADN que codifica las actividades llevadas a cabo por cada célula, que determinan las cantidades y tipos de hormonas necesarias para que ocurra la diferenciación (Gil, 2008).

b. Efectos de germinación de las semillas

Los procesos de germinación implican las etapas de crecimiento y desarrollo que tienen lugar en el interior del embrión, que existe dentro de la parte de la semilla de una planta, según el Servicio de Extensión de la Universidad Estatal de Oregón. Estos procesos ocurren a medida que ciertas secreciones hormonales ocurren dentro del compartimento de la semilla. Las giberelinas y citoquininas son dos sustancias químicas hormonales que desencadenan los procesos de germinación de semillas. Ambas hormonas estimulan las actividades de la división celular, que se traducen en el crecimiento del tejido. Cuando se aplican en una forma química sintética, las giberelinas también pueden interrumpir el período de latencia de la semilla natural y provocar el comienzo de los procesos de germinación. El ácido abscísico, otra hormona sintética química, provoca períodos de dormancia en las semillas y previene que se produzca la germinación (Gil, 2008).

c. Efectos de maduración

En el caso de las variedades de plantas frutales, la secreción de hormonas desempeña un papel importante en cómo las estructuras de las plantas responden a las condiciones externas. Según el Servicio de Extensión de la Universidad Estatal de Oregón, las secreciones hormonales a menudo proceden de una única parte de la planta y circulan a través de otras zonas del cuerpo de la planta. En efecto, diferentes productos químicos hormonales actúan sobre ciertos tipos de tejido. Los efectos de maduración se producen a medida que las hormonas desencadenan procesos fisiológicos dentro de las células que componen las hojas, el tallo y las estructuras frutales. Las hormonas involucradas en el proceso de maduración incluyen el etileno y el ácido abscísico. Las secreciones de etileno aumentan la velocidad en que la que la fruta madura, mientras que el ácido abscísico desencadena el período de reposo vegetativo de la planta, causando la muerte de las células y de los tejidos vegetales (Gil, 2008).

Gonzales *et al* (2015), señalan que el desarrollo normal de una planta depende de la interacción de factores externos (luz, nutrientes, agua, temperatura) e internos (hormonas). Una definición abarcativa del término hormona es considerar bajo este nombre a cualquier producto químico de naturaleza orgánica que sirve de mensajero químico, ya que producido en una parte de la planta tiene como "blanco" otra parte de ella. Las plantas tienen cinco clases de hormonas, los animales, especialmente los cordados tienen un número mayor. Las hormonas y las enzimas cumplen funciones de control químico en los organismos multicelulares. Las fitohormonas pertenecen a cinco grupos conocidos de compuestos que ocurren en forma natural, cada uno de los cuales exhibe propiedades fuertes de regulación del crecimiento en plantas. Se incluyen al etileno,

auxina, giberelinas, citoquininas y el ácido abscísico, cada uno con su estructura particular y activos a muy bajas concentraciones dentro de la planta. Mientras que cada fitohormona ha sido implicada en un arreglo relativamente diverso de papeles fisiológicos dentro de las plantas y secciones cortadas de éstas, el mecanismo preciso a través del cual funcionan no es aún conocido.

Alcántara *et al* (2019), determinan que los reguladores de crecimiento permiten regular crecimiento de las plantas en época de floración y cuaja de frutos. Actualmente podemos hablar de 5 grupos de hormonas: Auxinas, Citoquininas, Giberelinas, Etileno y Ácido Abscísico

Marassi (2007), relata que el desarrollo normal de una planta depende de la interacción de factores externos: luz, nutrientes, agua y temperatura, entre otros, e internos: hormonas. Las hormonas se han definido como compuestos naturales que poseen la propiedad de regular procesos fisiológicos en concentraciones muy por debajo de la de otros compuestos (nutrientes, vitaminas) y que en dosis más altas los afectarían. Regulan procesos de correlación, es decir que, recibido el estímulo en un órgano, lo amplifican, traducen y generan una respuesta en otra parte de la planta. Interactúan entre ellas por distintos mecanismos:

- Sinergismo: la acción de una determinada sustancia se ve favorecida por la presencia de otra.
- Antagonismo: la presencia de una sustancia evita la acción de otra.
- Balance cuantitativo: la acción de una determinada sustancia depende de la concentración de otra

Gonzales *et al* (2015), difunde que las Auxinas significa en griego 'crecer' y es dado a un grupo de compuestos que estimulan la elongación. El ácido indolacético (IAA) es la forma predominante, sin embargo, evidencia reciente sugiere que existen otras auxinas indólicas naturales en plantas. Aunque la auxina se encuentra en toda la planta, las más altas concentraciones se localizan en las regiones meristemáticas en crecimiento activo. Se le encuentra tanto como molécula libre o en formas conjugadas inactivas. Cuando se encuentran conjugadas, la auxina se encuentra metabólicamente unida a otros compuestos de bajo peso molecular. Este proceso parece ser reversible. La concentración de auxina libre en plantas varía de 1 a 100 mg/kg peso fresco.

Moreno y Oropeza (2017), señalan sobre las auxinas lo siguiente:

- Se sintetizan principalmente en los ápices de tallos y raíces
- Migración unidireccional, basípeta (transporte polar)
- Actúa en zonas de elongación
- Promueve la división celular
- Evita la caída de hojas

De acuerdo a Marassi (2007), el nombre auxina significa en griego 'crecer' y es dado a un grupo de compuestos que estimulan la elongación de las células. El ácido indolacético (AIA) es la forma natural predominante, actualmente se sabe que también son naturales. La acción fisiológica de las auxinas puede resumirse como:

- Actúan en la Mitosis.
- Alargamiento celular.
- Formación de raíces adventicias.
- Dominancia Apical
- Herbicida
- Partenocarpia
- Gravitropismo
- Diferenciación de xilema
- Regeneración del tejido vascular en tejidos dañados
- Inhibición del crecimiento radical en concentraciones bajas
- Floración, senectud, geotropismo,
- Retardan la caída de hojas, flores y frutos jóvenes
- Dominancia Apical

Mosquera (2017), manifiestan que el Ácido giberélico GA3 fue la primera de esta clase de hormonas en ser descubierta. Las giberelinas son sintetizadas en los primordios apicales de las hojas, en puntas de las raíces y en semillas en desarrollo. La hormona no muestra el mismo transporte fuertemente polarizado como el observado para la auxina, aunque en algunas especies existe un movimiento basipétalo en el tallo. Su principal función es incrementar la tasa de división celular (mitosis). Además de ser encontradas en el floema, las giberelinas también han sido aisladas de exudados del xilema, lo que sugiere un movimiento más generalmente bidireccional de la molécula en la planta.

Moreno (2015), indica que el Ácido giberélico GA3 fue descubierto en Japón como derivada de extracto del hongo *Giberella fujikuroi* que producía un crecimiento inusual de las plantas de arroz derivando de allí su nombre. Su designación es AG seguida de un número y al momento hay más de 150 formas conocidas de esta hormona. Los efectos fisiológicos son los siguientes:

- Controlan el crecimiento y elongación de los tallos.
- Elongación del escapo floral, que en las plantas en roseta es inducido por el fotoperíodo de día largo.

- Inducción de floración en plantas de día largo cultivadas en época no apropiada
- Crecimiento y desarrollo de frutos
- Estimulan germinación de numerosas especies, y en cereales movilizan reservas para crecimiento inicial de la plántula.
- Inducen formación de flores masculinas en plantas de especies diclinas.
- Reemplaza la necesidad de horas frío (vernalización) para inducir la floración en algunas especies (hortícolas en general).

Para Moran (2020), las Giberelinas causan lo siguiente:

- Inducción del alargamiento de entrenudos en tallos al estimular la división y la elongación celular.
- Sustitución de las necesidades de frío o de día largo requeridas por muchas especies para la floración.
- Inducción de la partenocarpia en algunas especies frutales.
- Eliminación de la dormancia que presentan las yemas y semillas de numerosas especies.
- Estimulan la producción de α -amilasa durante la germinación de los granos de cereales.
- Retraso en la maduración de los frutos.
- Induce masculinidad en flores de plantas monoicas.
- Pueden retrasar la senescencia en hojas y frutos de cítricos.

Según Ortiz y García (2016), las citoquininas son hormonas vegetales naturales que estimulan la división celular en tejidos no meristemáticos. Inicialmente fueron llamadas quininas, sin embargo, debido al uso anterior del nombre para un grupo de compuestos de la fisiología animal, se adaptó el término citoquinina (cito kinesis o división celular). Son producidas en las zonas de crecimiento, como los meristemas en la punta de las raíces. La zeatina es una hormona de esta clase y se encuentra en el maíz (*Zea*). Las mayores concentraciones de citoquininas se encuentran en embriones y frutas jóvenes en desarrollo, ambos sufriendo una rápida división celular. La presencia de altos niveles de citoquininas puede facilitar su habilidad de actuar como una fuente demandante de nutrientes.

Porta y Jiménez (2020), expresan que las citoquininas también se forman en las raíces y son translocadas a través de la xilema hasta el brote. Sin embargo, cuando los compuestos se encuentran en las hojas son relativamente inmóviles. Otros efectos generales de las citoquininas en plantas incluyen:

- Estimulación de la germinación de semillas
- Estimulación de la formación de frutas sin semillas
- Ruptura del letargo de semillas
- Inducción de la formación de brotes
- Mejora de la floración
- Alteración en el crecimiento de frutos
- Ruptura de la dominancia apical.

Quiroz (2020), sostiene que las citoquininas son hormonas vegetales naturales que derivan de adeninas sustituidas y que promueven la división celular en tejidos no meristemáticos. Inicialmente fueron llamadas cinetinas, sin embargo, debido al uso anterior del nombre para un grupo de compuestos de la fisiología animal, se adaptó el término citoquinina (citocinesis o división celular). Existen citoquininas en musgos, algas cafés, rojas y en algunas Diatomeas. Los efectos fisiológicos son los siguientes:

- División celular y formación de órganos.
- Retardo de la senescencia (debido a su propiedad de generar alta división celular son fuente de nutrientes, por lo que realizan su efecto de retardo de la senescencia)
- Desarrollo de yemas laterales.
- Inducen partenocarpia
- Floración de plantas de días corto.
- Reemplazo de luz roja en germinación de semillas fotoblásticas

Romero (2016), manifiesta sobre la Citoquininas lo siguiente:

- Se encuentran en tejidos que se dividen de forma activa como meristemas, semillas en germinación, frutos en maduración y raíces en desarrollo.
- Interactúan con las auxinas, ya que estimulan el desarrollo de las yemas laterales, contrarrestando la dominancia apical
- Retrasan la senescencia foliar al estimular la movilización de nutrientes y la síntesis de clorofila.
- Antecedentes sugieren que se sintetizan en la raíz y son transportadas a las hojas por la corriente de transpiración

2 METODOLOGÍA

La investigación se realizó en ensayo experimental se realizó en los terrenos de la Finca María Italia, ubicada en la vía Mata de cacao, cuyas coordenadas son 1°48'52,453" de latitud sur y

81°30'0,5456" de longitud oeste, a una altitud de 8 msnm. La climatología del lugar está caracterizada por temperatura media anual de 24.7°C, precipitación de 1.500,7 mm; humedad relativa 85.5 %, y heliofanía de 998.2 horas. Los suelos son de textura franco arcilloso, con topografía plana y drenaje regular. Se utilizaron materiales campo, y material genético INIAP 16 para la siembra. Se estudiaron dos factores; a) Dosis de productos a base de hormonas vegetales; y, b) Rendimiento del cultivo de arroz. Se evaluaron los tratamientos como se indica en el siguiente Tabla 1:

Tabla 1. Tratamientos estudiados, en el ensayo: Hormonas vegetales sobre el rendimiento del cultivo de arroz.

Tratamientos		
N°	Productos	Dosis/ha
T1	Green Master (Activador fisiológico)	1,0 L
T2	Green Master (Activador fisiológico)	1,5 L
T3	Cytokin (Citoquinina)	1,5 L
T4	Cytokin (Citoquinina)	2,0 L
T5	New Gibb (Ácido Giberélico)	40 g
T6	New Gibb (Ácido Giberélico)	45 g
T7	Testigo Absoluto	(Sin aplicación)

Para el desarrollo y evaluación estadística del ensayo se aplicó el diseño experimental Diseño Bloques completamente al azar, con arreglo factorial (AxB) con siete tratamientos y tres repeticiones, se realizó el análisis de varianza (ANDEVA) y la comparación de medias con la prueba de Tukey $\alpha = 0.05$. Las parcelas experimentales tuvieron dimensiones de 3 x 6 m. La separación entre repeticiones fue de 1 metro. Se evaluó: Altura de planta a la cosecha, número de macollos/m², número de panículas, días a floración, longitud de panícula, granos por espiga, peso de 1000 granos y rendimiento de grano. Se realizó un análisis de suelo a 30 cm de profundidad mediante el método del zig-zag después del laboreo del mismo. La preparación del terreno se efectuó mediante dos pases de romplow y uno de rastra liviana con el propósito que el suelo quede suelto para depositar la semilla. La siembra se efectuó manualmente con el sistema al voleo, utilizando una densidad de 200 lb/ha. La aplicación de los productos se efectuó a los 15 días después de la siembra, de acuerdo a la dosificación propuesta en los tratamientos. El cultivo se manejó bajo condiciones de lluvia, por lo que estuvo supeditado a las condiciones del clima. El programa de fertilización se determinó de acuerdo al resultado del análisis de suelo, con 218 kg/ha de Nitrógeno, fraccionada en 3 partes a los 15, 30 y 45 días después de la siembra. Fosforo y Potasio en dosis de 65 y 100 kg/ha al momento de la siembra. Como herbicida preemergente se empleó Gamit, en dosis de 750 cc/ha. En postemergencia se utilizó Propanil, en dosis de 4,0 L/ha a los 10 días después de la siembra y Checker, en dosis de 350 g/ha a los 30 días después de la siembra. Para el control de Langosta se aplicó Clorpirifos en dosis de 700 cc/ha, a los 35 días después de la siembra. Para el control

preventivo de enfermedades se utilizó Silvacur combi, en dosis de 1,0 L/ha a los 43 días después de la siembra.

La altura de la planta se evaluó en diez plantas tomadas al azar al momento de la cosecha, desde el nivel del suelo hasta el ápice de la panícula más sobresaliente. Sus resultados se expresaron en cm.

Dentro del área útil de cada una de las parcelas experimentales, se lanzó al azar un marco de 1,0 m², donde se contabilizó el número de macollos existentes por parcela experimental. En el mismo metro cuadrado que se contabilizó el número de macollos, se contaron las panículas al momento de la cosecha en cada una de las parcelas experimentales.

Para determinar el promedio de días a floración, se efectuaron inspecciones semanales a partir de los 60 días, hasta lograr el 50 % más uno de floración por parcela.

La longitud de panícula estuvo determinada por la distancia comprendida entre el nudo ciliar y el ápice de la panícula más sobresaliente, excluyendo la arista, registrándose en diez panículas al azar por parcela experimental y su promedio se expresó en centímetros.

Cuando se efectuó la cosecha se tomaron diez espigas al azar en cada parcela experimental y se contaron los granos llenos para obtener un promedio.

Para determinar el peso de 1000 granos, se tomaron al azar 1000 granos por tratamiento y se pesó en una balanza de precisión, este valor se expresó en g.

Se obtuvo el rendimiento por el peso de los granos provenientes del área útil de cada parcela experimental uniformizando al 14 % de humedad y % de impurezas transformándose en kg/ha.

$$Pa (100 - ha) / (100 - hd)$$

Dónde:

Pu= Peso uniformizado

Pa= Peso actual

ha= Humedad actual

hd= Humedad deseada

3 RESULTADOS

En la Tabla 2, se presentan los promedios de la variable altura de planta al momento de la cosecha, donde se pudo observar que la aplicación de Cytokin en dosis de 2,0 L/ha alcanzo 70,5 cm, estadísticamente igual cuando se utilizó el producto New Gibb en dosis de 45 g/ha y ambos superiores estadísticamente a los demás tratamientos, siendo el tratamiento testigo absoluto que mostro menos altura de planta con 64,4 cm. El análisis de varianza detecto diferencias altamente significativas, el promedio general fue 67,2 cm y el coeficiente de variación 1,64 %.

Tabla 2. Promedios de Altura de planta (cm) mediante el efecto de las hormonas vegetales en el cultivo de arroz

Tratamientos			Altura de planta a la cosecha (cm)
N°	Productos	Dosis/ha	
T1	Green Master (Activador fisiológico)	1,0 L	66,9 bc
T2	Green Master (Activador fisiológico)	1,5 L	67,2 bc
T3	Cytokin (Citoquinina)	1,5 L	66,7 bc
T4	Cytokin (Citoquinina)	2,0 L	70,5 a
T5	New Gibb (Ácido Giberélico)	40 g	66,8 bc
T6	New Gibb (Ácido Giberélico)	45 g	68,2 ab
T7	Testigo Absoluto	(Sin aplicación)	64,4 c
Promedio general			67,2
Significancia estadística			**
Coeficiente de variación (%)			1,64

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la prueba de Tukey
 ns: no significativo
 *: Significativo
 **: Altamente significativo

En lo referente a macollos/m², no se reportaron diferencias significativas según el análisis de varianza, el promedio general fue 364,9 macollos/m² y el coeficiente de variación 2,93 %. Aplicando Cytokin en dosis de 2,0 L/ha se obtuvo 373,0 macollos y en el testigo absoluto 353,3 macollos/m² (Tabla 3).

La variable panículas/m² se registra en la Tabla 3, no detectándose diferencias significativas. El uso de Cytokin en dosis de 2,0 L/ha mostro 346,9 panículas y el testigo absoluto 328,6 panículas/m². El promedio general fue 339,4 panículas/m² y el coeficiente de variación 2,92 %.

El testigo absoluto floreció en mayor tiempo (76,7 días), mientras que el tratamiento que se utilizó Cytokin en dosis de 2,0 L/ha floreció en menor tiempo (69,0 días). El análisis de varianza no presento diferencias significativas y el coeficiente de variación 3,84 (Tabla 4).

Tabla 3. Promedios de macollos/m² y panículas/m² mediante el efecto de las hormonas vegetales en el cultivo de arroz

Tratamientos			Macollos/m ²	Panículas/m ²
N°	Productos	Dosis/ha		
T1	Green Master (Activador fisiológico)	1,0 L	357,3	332,3
T2	Green Master (Activador fisiológico)	1,5 L	369,3	343,5
T3	Cytokin (Citoquinina)	1,5 L	368,3	342,6
T4	Cytokin (Citoquinina)	2,0 L	373,0	346,9
T5	New Gibb (Ácido Giberélico)	40 g	367,0	341,3
T6	New Gibb (Ácido Giberélico)	45 g	366,0	340,4
T7	Testigo Absoluto	(Sin aplicación)	353,3	328,6
Promedio general			364,9	339,4
Significancia estadística			ns	ns
Coeficiente de variación (%)			2,93	2,92

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la prueba de Tukey
 ns: no significativo
 *: Significativo
 **: Altamente significativo

Tabla 4. Promedios de días a floración mediante el efecto de las hormonas vegetales en el cultivo de arroz

Tratamientos			Días a floración
N°	Productos	Dosis/ha	
T1	Green Master (Activador fisiológico)	1,0 L	71,3
T2	Green Master (Activador fisiológico)	1,5 L	72,0
T3	Cytokin (Citoquinina)	1,5 L	72,3
T4	Cytokin (Citoquinina)	2,0 L	69,0
T5	New Gibb (Ácido Giberélico)	40 g	70,3
T6	New Gibb (Ácido Giberélico)	45 g	74,3
T7	Testigo Absoluto	(Sin aplicación)	76,7
Promedio general			72,3
Significancia estadística			ns
Coeficiente de variación (%)			3,84

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la prueba de Tukey

ns: no significativo

*: Significativo

** : Altamente significativo

En la Tabla 5, se observan los valores de longitud de panícula. El andeva detecto diferencias altamente significativas, con el promedio general de 24,2 cm y el coeficiente de variación 4,65 %. La aplicación de Cytokin en dosis de 2,0 L/ha presento 27,2 cm, considerándose como la mayor longitud de panícula, estadísticamente igual al uso de Green Master en dosis de 1,5 L/ha y superiores estadísticamente a los demás tratamientos. El testigo absoluto con 22,6 cm presento el menor promedio.

El análisis de varianza no registro diferencias significativas en la variable granos por espiga. El tratamiento que sobresalió fue Cytokin en dosis de 2,0 L/ha (89,0 granos/espiga) y menor valor fue para el testigo absoluto (78,0 granos/espiga). El promedio general fue 81,3 granos/espiga y el coeficiente de variación 4,71 % (Tabla 5).

Tabla 5. Promedios de longitud de panícula y granos por espiga mediante el efecto de las hormonas vegetales en el cultivo de arroz.

Tratamientos			Longitud de panícula	Granos por espiga
N°	Productos	Dosis/ha		
T1	Green Master (Activador fisiológico)	1,0 L	24,0 b	80,0
T2	Green Master (Activador fisiológico)	1,5 L	25,1 ab	80,3
T3	Cytokin (Citoquinina)	1,5 L	23,0 b	79,0
T4	Cytokin (Citoquinina)	2,0 L	27,2 a	89,0
T5	New Gibb (Ácido Giberélico)	40 g	23,5 b	80,3
T6	New Gibb (Ácido Giberélico)	45 g	23,6 b	82,3
T7	Testigo Absoluto	(Sin aplicación)	22,6 b	78,0
Promedio general			24,2	81,3
Significancia estadística			**	ns
Coeficiente de variación (%)			4,65	4,71

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la prueba de Tukey

ns: no significativo

*: Significativo

** : Altamente significativo

El uso de Cytokin en dosis de 2,0 L/ha presento 29,2 g, estadísticamente igual a los tratamientos de Green Master 1,0 L/ha; Cytokin 1,5 L/ha; New Gibb 40 g/ha; New Gibb 45 g/ha y todos ellos superiores estadísticamente a los demás tratamientos, siendo el menor valor para el testigo absoluto con 23,1 g. El análisis de varianza mostró diferencias significativas, el promedio general fue 25,3 g y el coeficiente de variación 6,79 %, según se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Promedios de peso de 1000 granos mediante el efecto de las hormonas vegetales en el cultivo de arroz.

Tratamientos		Peso de 1000 granos
Productos	Dosis/ha	
Green Master (Activador fisiológico)	1,0 L	24,7 ab
Green Master (Activador fisiológico)	1,5 L	24,1 b
Cytokin (Citoquinina)	1,5 L	24,7 ab
Cytokin (Citoquinina)	2,0 L	29,2 a
New Gibb (Ácido Giberélico)	40 g	25,1 ab
New Gibb (Ácido Giberélico)	45 g	25,9 ab
Testigo Absoluto	(Sin aplicación)	23,1 b
Promedio general		25,3
Significancia estadística		*
Coeficiente de variación (%)		6,79

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la prueba de Tukey

ns: no significativo

*: Significativo

**: Altamente significativo

El mayor rendimiento de grano se alcanzó aplicando Cytokin en dosis de 2,0 L/ha con 4678,0 kg/ha, estadísticamente igual a los tratamientos de Cytokin 1,5 L/ha; New Gibb 45 g/ha y superiores estadísticamente a los demás tratamientos, cuyo menor rendimiento lo obtuvo el testigo absoluto con 3967,0 kg/ha. El análisis de varianza reporto diferencias significativas, el promedio general fue 4426,2 kg/ha y el coeficiente de variación 1,66 % (Tabla 7).

Tabla 7. Promedios de rendimiento mediante el efecto de las hormonas vegetales en el cultivo de arroz.

Tratamientos			Rendimiento
Nº	Productos	Dosis/ha	
T1	Green Master (Activador fisiológico)	1,0 L	4411,6 bc
T2	Green Master (Activador fisiológico)	1,5 L	4322,5 c
T3	Cytokin (Citoquinina)	1,5 L	4568,7 ab
T4	Cytokin (Citoquinina)	2,0 L	4678,0 a
T5	New Gibb (Ácido Giberélico)	40 g	4446,7 bc
T6	New Gibb (Ácido Giberélico)	45 g	4588,8 ab
T7	Testigo Absoluto	(Sin aplicación)	3967,0 d
Promedio general			4426,2
Significancia estadística			**
Coeficiente de variación (%)			1,66

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la prueba de Tukey

ns: no significativo

*: Significativo

**: Altamente significativo

4 DISCUSSION

Las hormonas vegetales fueron beneficiosas en el desarrollo del cultivo de arroz, ya que Blanco (2015), aclara que una hormona vegetal es un compuesto orgánico sintetizado en un lugar de la planta y trasladado a otra parte donde, en concentraciones muy bajas, produce una respuesta fisiológica.

La aplicación de hormonas aumentó significativamente los promedios de altura de planta, macollos y panículas/m², longitud de panícula, granos por espiga y peso de 1000 granos frente al testigo absoluto sin aplicación de hormonas vegetales, lo que coincide con Gonzales *et al* (2015), señalan que el desarrollo normal de una planta depende de la interacción de factores externos (luz, nutrientes, agua, temperatura) e internos (hormonas). Una definición abarcativa del término hormona es considerar bajo este nombre a cualquier producto químico de naturaleza orgánica que sirve de mensajero químico, ya que producido en una parte de la planta tiene como "blanco" otra parte de ella. Las plantas tienen cinco clases de hormonas, los animales, especialmente los cordados tienen un número mayor. Las hormonas y las enzimas cumplen funciones de control químico en los organismos multicelulares. Las fitohormonas pertenecen a cinco grupos conocidos de compuestos que ocurren en forma natural, cada uno de los cuales exhibe propiedades fuertes de regulación del crecimiento en plantas. Se incluyen al etileno, auxina, giberelinas, citoquininas y el ácido abscísico, cada uno con su estructura particular y activos a muy bajas concentraciones dentro de la planta. Mientras que cada fitohormona ha sido implicada en un arreglo relativamente diverso de papeles fisiológicos dentro de las plantas y secciones cortadas de éstas, el mecanismo preciso a través del cual funcionan no es aún conocido.

El mayor rendimiento de grano se reportó aplicando Cytokin en dosis de 2,0 L/ha, ya que Moreno y Oropeza (2017), nos mencionan que Cytokin es una hormona natural reguladora del crecimiento vegetal que facilita la nutrición de las plantas, promueve el brote y desarrollo de las yemas, espigas y flores, mejora el amarre de las flores y el desarrollo de los frutos, crecimiento de la raíz y sobre todo el vigor de la productividad de la planta. El producto aplicado al suelo sirve para transportar nutrientes a la parte aérea de las plantas y contribuir a su turgencia; además ayuda a combatir el envejecimiento de las células. La bioactividad de las citoquininas en las plantas es necesaria para el crecimiento de las plantas, son producidas en la punta de la raíz posteriormente se dispersan a otras partes de la planta donde son necesarias para regular el proceso celular, incluyendo el crecimiento de la raíz. La aplicación de Cytokin, provee una fuente suplementaria de citoquinina para la cosecha y de esta manera, se asegura que el crecimiento de la raíz continúe y que los niveles de citoquinina se mantengan durante los períodos críticos de florecimiento, de desarrollo y cuando sale el fruto.

5 CONCLUSIONES

Mediante el análisis de resultados se logró obtener las siguientes conclusiones:

- La aplicación de las hormonas vegetales obtuvo efectos beneficiosos sobre el rendimiento del cultivo de arroz
- En las variables altura de planta, número de macollos/m y panículas/m se alcanzó los mayores promedios el uso de Cytokin en dosis de 2,0 L/ha.
- No se presentaron diferencias significativas en días a floración.
- El uso de Cytokin en dosis de 2,0 L/ha obtuvo mejores valores en las variables longitud de panícula, granos por espiga y peso de 1000 granos.
- El mayor rendimiento se reportó con Cytokin en dosis de 2,0 L/ha con 4678,0 kg/ha.

REFERENCIAS

Alcántara, J., Acero, J., Alcántara, J. y Sánchez, R. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Revista Nova*, 17(32), 1-21.

AGROASA. (2012). Biorreguladores en arroz (Archivo PDF). Disponible en <http://www.agroasa.com/site/index.php/bienvenidos-a-agroasacom/18-articulos-columna-izquierda/45-uso-de-biorreguladores-en-la-produccion-de-arroz.html>

Blanco, A. (2015). Introducción de las hormonas vegetales (Archivo PDF). Disponible en http://fisiohorticola.files.wordpress.com/2008/08/clase_1_introduccion_a_las_hormonas_vegetales.pdf

Gil, J. (2008). Cultivo de arroz sistema intensificado SICA – SRI en Ecuador (Archivo PDF). Disponible en <http://sri.ciifad.cornell.edu/countries/ecuador/EcuGilLibroCultivodiArroz08.pdf>

Gonzales, A., Raisman, J. y Aguirre, M. (2015). Hormonas de las plantas. Disponible en <http://www.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/auxinas.htm>

Gómez, A. y García, P. (2016). Fitohormonas: metabolismo y modo de acción. Publicación de la Universitat Jaume I, DL.

Jeanty, J. (2015). Los efectos de las hormonas vegetales sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. Disponible en http://www.ehowenespanol.com/efectos-hormonas-vegetales-crecimiento-desarrollo-plantas-lista_262858/

Marassi, M. (2007). Hormonas vegetales. Disponible en <http://www.biologia.edu.ar/plantas/hormona.htm#Elongación>

Mosquera, C. (2017). Dosis de fitoreguladores y su efecto en el enraizamiento y macollamiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa*) bajo riego en la parroquia Antonio Sotomayor, cantón Vinces-Ecuador (Tesis de grado, Universidad de Guayaquil). <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/22717/3/Tesis%20Cristofer%20Adrian%20Mosquera%20Jimenez%20corregida.pdf>

Moreno, M. (2015). Efecto de la aplicación foliar de citoquininas sobre el macollamiento y enraizamiento de plantas de arroz (Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral). <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/89002/d->

Moreno, M. y Oropeza, M. (2017). Efecto de las hormonas vegetales y el fotoperiodo en la producción de microtubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 19(2), 29-38.

Morán, A. (2020). Evaluación del efecto de una fitohormona (Ácido giberélico), un aminoácido y un bioestimulante en el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el cantón Santa Lucía de la provincia del Guayas (Tesis de grado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil). <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/14309>

Ortiz, A. y García, O. (2016). Efecto del ácido Giberélico sobre el rendimiento de la variedad de arroz Araure 4. *Agronomía Tropical*, 52(4), 1-15.

Porta, H. y Jiménez, G. (2020). Papel de las hormonas vegetales en la regulación de la autofagia en plantas. TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas, 22(5), 1-11.

Quiroz, J. (2020). Efecto de una mezcla de tres fitohormonas en tres variedades de arroz (*Oryza sativa*) (Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador). https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/QUIROZ%20MONTTOYA%20JEAN%20CARLOS_compressed.pdf

Romero, C. (2016). Efectos de las hormonas vegetales sobre el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) (Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo). https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UTB_7fa5dad2e28be06c7c85a7d6217d8ac1