

Efecto del ácido giberélico sobre la producción hidropónica del tomate variedad Gabriela

Influence of the gibberellic acid over the hydroponic harvest production of the Gabriela tomato

PAMELA RAMOS RIVERA¹, MARIO AZAEL RUBIO ROMERO¹, G. SONIA RODRÍGUEZ DE LA ROCHA^{1,3}, S. MARGARITA RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ², VÍCTOR SANTANA RODRÍGUEZ¹ Y ARMANDO QUINTERO RAMOS¹

Resumen

La escasez de agua en el estado de Chihuahua y la necesidad de elevar la producción de las cosechas, son factores que han propiciado la adopción de sistemas de cultivo más eficientes, tal como la hidroponía. En la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua, se estableció un cultivo de tomate variedad "Gabriela" bajo condiciones de invernadero y utilizando el método hidropónico. Como sustrato se usó arena y riego por goteo. Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones, donde cada bloque consistió en nueve plantas. El experimento se realizó durante el periodo del 21 de febrero al 27 de Julio 2007. El estudio tuvo como objetivos encontrar la concentración óptima de ácido giberélico para una mayor producción de tomate; y obtener las concentraciones de los nutrientes N, K, Ca y P en el tomate cultivado, con relación a los diferentes tratamientos. Se compararon cuatro concentraciones de ácido giberélico: 0, 20, 40 y 60 ppm; el manejo de las plantas fue similar, aplicándose la misma solución nutritiva. Se observó que con la aplicación de 40 ppm de ácido giberélico la producción de tomate fue 19.6 % superior al testigo, siendo además el mejor tratamiento del experimento.

Palabras clave: fito regulador, invernadero, cultivo, productividad.

Abstract

Water scarcity in the state of Chihuahua and the need to increase crop production, are factors that have led to the adoption of more efficient farming systems, such as hydroponics. In the Faculty of Chemical Sciences of the Autonomous University of Chihuahua, has established a tomato crop variety "Gabriela" under greenhouse conditions and using the hydroponic method. Sand was used as substrate, and drip irrigation. A randomized block with three replications was used, where each block consisted of nine plants. The experiment was conducted from February 21 to July 27, 2007. The objective of this work was to find the optimal concentration of gibberellic acid to a greater production of tomatoes, and obtain the concentrations of N, K, Ca and P nutrients in the cultivated tomato according to the different treatments. We compared four concentrations of gibberellic acid: 0, 20, 40 and 60 ppm, the plant management was similar, applying the same nutrient solution. It was noted that the application of 40 ppm gibberellic acid tomato production was 19.6% higher than the control, and is the best treatment of the experiment.

Keywords: phyto regulador, greenhouse, crop, productivity.

Introducción

La producción agrícola en Chihuahua es limitada por la poca cantidad de agua disponible, y las temperaturas extremas; además, se ve también afectada por las características físico-químicas de los suelos en algunas regiones. De acuerdo con los datos reportados en el anuario estadístico de Chihuahua 2008, la precipitación pluvial anual es de 310 a 350 mm, factor limitante para la agricultura tradicional, lo que plantea la necesidad de buscar un sistema de cultivo alternativo, como lo es la hidroponía.

¹ Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Circuito Universitario s/n. Campus Universitario II. Chihuahua, Chih., México. C.P. 31125, Apartado Postal: 669.

² Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Chihuahua Núm. 6.

³ Dirección electrónica del autor de correspondencia: rodson2@hotmail.com

Las plantas bajo este sistema requieren, para un desarrollo normal, que los elementos esenciales estén de manera disponible, en una relación óptima entre ellos, y en concentraciones suficientes para satisfacer las necesidades del cultivo (Rodríguez, 2001).

En un cultivo hidropónico se busca proporcionar todos los elementos esenciales a la planta por medio de soluciones nutritivas que los contengan en forma de aniones y cationes disueltos, que junto con una buena iluminación y suministro de CO₂ y O₂, permiten que los vegetales se desarrollen bien (Rodríguez, 2004).

El tomate es una hortaliza de suma importancia en México, la cocina mexicana lo utiliza ampliamente y su demanda aumenta constantemente. La evidencia histórica sugiere que México es el centro más importante de domesticación de tomate, hecho ampliamente aceptado en el mundo científico, ya que la utilización de formas domésticas en nuestro país tiene bastante antigüedad, y sus frutos eran bien conocidos y empleados como alimento en las culturas indígenas que habitaban la parte central y sur de México, antes de la llegada de los españoles (León, 2001).

Bajo condiciones de campo, este cultivo requiere de mucha agua para producir una cosecha de tomate. El cultivo tradicional utiliza 800 l/kg de tomate, mientras que con el sistema de hidroponía se optimiza el consumo de agua. En Holanda se han reportado 22 l/kg de tomate, y otros datos de consumo de agua con sistemas hidropónicos fluctúan de 27 a 60 l/kg (Stanghellini, 2004); el grupo de Investigación en Hidroponía de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua, dirigido por la M.C. Sonia Rodríguez, encontraron, en el año 2002, que al desarrollar un cultivo de tomate utilizando como sustrato arena y riego por goteo se requieren 46 l/kg de tomate producido.

Por lo tanto, aún tratándose de un mismo cultivo como es el caso del tomate, se pueden implementar diferentes maneras de suministrar

el agua y los nutrientes que la planta requiere, así como para mejorar las condiciones climáticas del cultivo; lo anterior puede deducirse de los datos aportados por Stanghellini (2004), quien describe que en Israel y Almería, en campo, utilizando riego localizado, se requieren 60 litros de agua por kg de tomate, y 15 litros por kg de tomate en Holanda, en condiciones de clima controlado con vidrio e inyección de dióxido de carbono.

El sistema hidropónico puede realizarse al aire libre o en invernaderos; se ha observado que incrementa la producción por unidad de superficie, ya que la densidad de siembra es mayor. Además, cuando se protege el cultivo contra las inclemencias del tiempo, se puede programar la temporada de cosecha de manera que coincida con la época que se pueda obtener el mejor precio posible (Resh, 2001). La producción de tomate bajo el sistema hidropónico es muy alta, comparada con la que puede obtenerse en un cultivo tradicional. Se han obtenido buenos resultados acomodando tres plantas por metro cuadrado, lo que equivale a 30,000 plantas por hectárea, mientras que el cultivo de tomate en suelo, la densidad es de 10,000 a 15,000 plantas, dependiendo del tipo de terreno y cultivar.

Según datos aportados por Knott (1996), citado por Jensen (2001) en comparaciones de rendimiento entre los sistemas hidropónico y tradicionales, reportan, bajo el primer sistema, 550 t/ha en tomate cultivado en un periodo de once meses; en contraste, registraron una producción anual de 100 t/ha bajo el sistema tradicional. En el caso de los pepinillos, se produjeron 600 t/ha en dos cultivos al año, contra 30 t/ha en el cultivo tradicional. En el pimiento verde se obtuvieron 114 t/ha anuales realizando dos cultivos, contra 16 t/ha en el sistema tradicional. La preocupación de todo productor es elevar la productividad de su cultivo, por tal motivo, se propone la adopción de la hidroponía como un sistema de alta eficiencia productiva por unidad de área, con ahorro de agua.

La utilización de ácido giberélico permite incrementos significativos en la producción de tomate. Aunque existe poca información disponible acerca de la dosis del ácido giberélico y su relación con los factores climáticos, el uso de este biorregulador parece incrementar el amarre de flores a temperaturas altas (Rojas, 1993).

Las giberelinas, clasificadas como fitorreguladores, son hormonas que regulan el crecimiento vegetal en diversos procesos metabólicos, actúan como promotores de la regulación enzimática en el proceso de germinación, se producen en las partes jóvenes de las plantas, pero las fuentes más ricas y abundantes son las raíces y los frutos jóvenes, especialmente sus semillas (Rojas, 1993). El ácido giberélico realiza diversas funciones, entre ellas pueden citarse: Incrementa la división y la elongación celular, debido a que tras la aplicación de giberelinas se incrementa el número de células y la longitud de las mismas; estimula el desarrollo de frutos partenocárpico; además, el ácido giberélico induce el crecimiento a través de una alteración de la distribución de calcio en los tejidos (Weaver, 1985).

Aunque las sustancias naturales de crecimiento controlan generalmente el desarrollo de los cultivos, también tienen la capacidad de modificar el crecimiento e incrementar la productividad de las cosechas mediante la aplicación de sustancias exógenas, obtenidas por síntesis o a partir de microorganismos, algunas de las cuales pueden producir buenos resultados (Weaver, 1985).

El presente estudio tiene dos objetivos específicos: Encontrar la concentración apropiada de ácido giberélico para lograr una mayor producción de tomate, y obtener las concentraciones de los nutrientes N, K, Ca y P con relación a los diferentes tratamientos.

Materiales y Métodos

Material experimental. Se utilizaron los materiales listados a continuación:

- Charola de poliestireno de 128 cavidades	- Tubos de digestión
- Semilla variedad Gabriela	- Pipetas de 25 ml
- Germinasa	- 0.5 gr de tomate para cada tratamiento
- Ácido giberélico	- Ácido nítrico concentrado
- Solución nutritiva	- Agua destilada
- Bolsas de 40 x 40 cm.	- Ácido fluorhídrico
- Arena de río	- Estándar de potasio 30 y 200 ppm
- Raña	- Estándar de calcio 1, 5 y 10 ppm
- Ganchos	- Tiosulfato de amonio
- Goteros	- Mezcla reactiva de selenio
- Aspersor	- Sulfato de sodio anhidro (CuSO ₄ ·5H ₂ O)
- 4 Matraz aforado 100 ml	- Hidróxido de sodio NaOH (40%)
- Probeta de 50 ml	- Ácido bórico H ₃ BO ₄ (al 4%)
- Embudos	

Equipo. Durante la investigación, se utilizó el siguiente equipo científico:

- Espectrofotómetro de absorción atómica, Perkin Elmer 3100
- Horno de digestión
- Balanza científica Chyo JL-180

Localización del experimento. El estudio tuvo lugar en el invernadero de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Se eligió el cultivar de tomate "Gabriela", el cual se cultivó utilizando el método hidropónico; utilizando arena como sustrato y aplicado riego por goteo. El invernadero se localiza en la ciudad de Chihuahua, a 1440 msnm, cuyas coordenadas son: latitud norte 28° 38' 12" y longitud oeste 106° 04'42".

Diseño experimental. Se compararon cuatro dosis de ácido giberélico: 0, 20, 40 y 60 ppm; el experimento se estableció bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Cada bloque consistió en nueve plantas.

Establecimiento del experimento. El experimento se inició el 21 de febrero y la cosecha tuvo lugar el 27 de Julio 2007. La siembra de la semilla se efectuó en un semillero de poliestireno de 128 cavidades, donde se hospedó la planta de tomate por mes y medio. El trasplante se efectuó humedeciendo el sustrato muy temprano, con el objeto de evitar estrés. Las plantas se regaron dos veces al día; después de un mes, la planta se guió hacia arriba utilizando un entramado de alambre donde se colgaron los ganchos que sostienen a la planta, utilizando rafia; se revisaron continuamente y cortaron los chupones o yemas axilares y se enredaron las plantas utilizando el cordón, para que la planta sólo creciera hacia arriba. El primer corte de tomate maduro se realizó a los tres meses y medio; a partir de ese momento, los cortes se realizaron periódicamente; dos meses después se suspendió el trabajo, para lo cual se quitó todo el tomate rojo y se dejó de regar, para que las plantas perdieran peso y se pudieran retirar más fácilmente.

El ácido giberélico (Biogib) se preparó y asperjó muy temprano por la mañana, cuidando que sólo el lote en cuestión fuera rociado; para lograrlo, se cubrieron con un plástico todos los lotes colindantes con el tratado. Los tratamientos se aplicaron cuando el cultivo presentaba 20 a 30 % de floración; 20 días después se efectuó otra aplicación. Lo anterior se decidió porque el crecimiento se acelera después de la aplicación, y al pasar el efecto dicho crecimiento comienza a decrecer, por lo que es necesaria una segunda aplicación.

Se analizaron también los contenidos de calcio, potasio, nitrógeno y fósforo presentes en los frutos. La solución nutritiva empleada contó con los nutrientes y concentraciones que se detallan en ppm en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Composición de la solución nutritiva en ppm.

Macroelementos	Símbolo	Solución (ppm)
Nitrógeno	N	200
Potasio	K	200
Fósforo	P	60
Calcio	Ca	150
Magnesio	Mg	40
Azufre	S	52
Microelementos		
Fierro	Fe	1
Manganeso	Mn	0.5
Boro	B	0.5
Cobre	Cu	0.05
Zinc	Zn	0.05

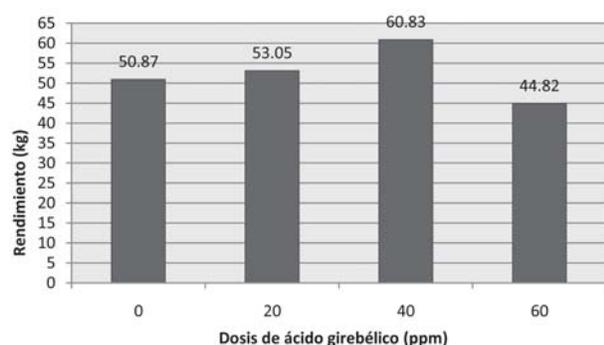
Resultados y Discusión

Los resultados pueden dividirse tomando en consideración la productividad alcanzada por los diferentes tratamientos y también con respecto a los contenidos de nitrógeno, calcio, potasio y fósforo observados en los diferentes lotes.

Como puede observarse en las Figuras 1 y 2, el mayor rendimiento bajo las condiciones prevalecientes en el invernadero, se obtuvo con la aplicación de ácido giberélico a una dosis de 40 ppm. Se observó que el rango de las concentraciones elegidas permite visualizar la variación en la productividad del tomate cultivado bajo las condiciones de invernadero, ya que tomando como referencia el testigo, hubo un incremento significativo en el rendimiento del tomate cuando las plantas fueron tratadas con 20 ppm. Este aumento fue mayor al aplicar la concentración de 40 ppm, observándose luego un decremento al utilizar 60 ppm. Por lo tanto, el rango de adición óptimo puede buscarse, para futuras investigaciones,

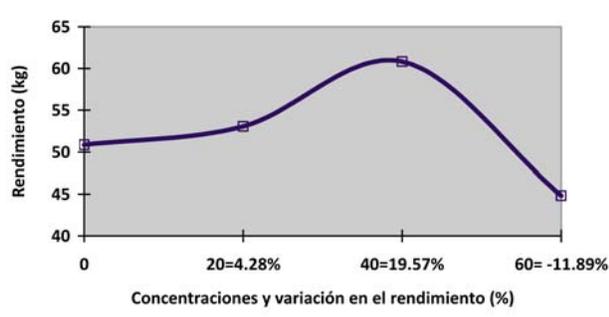
aplicando concentraciones cuyo rango fluctúe de 30 a 60 ppm aproximadamente, con el objeto de delinear con mayor precisión la curva de productividad para así poder elegir con mayor exactitud la mejor concentración.

Figura 1. Rendimiento de tomate (kg) utilizando diferentes concentraciones de ácido giberélico



Los datos anteriores son válidos para el cultivo tradicional, cuando soporta temperaturas altas como las que se observan tradicionalmente en Delicias, Camargo y Jiménez, es decir, por arriba de los 32 °C en la temporada de mayor producción de las zonas antes mencionadas.

Figura 2. Porcentaje de variación en el rendimiento con relación a las diferentes concentraciones de ácido giberélico.



Contenido de nutrientes en el fruto. Se analizaron los contenidos de calcio, potasio, nitrógeno y fósforo en el fruto, encontrándose los datos que se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Contenido de nutrientes en el fruto por tratamiento.

Tratamiento	% Ca	% K	% N	% P
0	5.617	2.45	3.12	0.31
20 ppm	6.232	3.02	3.42	0.34
40 ppm	6.972	3.94	3.56	0.36
60 ppm	6.365	3.67	3.36	0.35

Como puede observarse en los resultados obtenidos respecto a los porcentajes de calcio, potasio, nitrógeno y fósforo contenidos en los frutos de tomate analizados, las máximas concentraciones de estos elementos corresponden al tratamiento con 40 ppm, que también mostró el mayor rendimiento. Si se comparan los contenidos obtenidos de los frutos tratados con ácido giberélico respecto a los no tratados, se puede observar que los contenidos de estos últimos fue menor, lo que sugiere que el fitoregulador empleado ayudó a una mejor translocación de nutrientes hasta el fruto.

Como puede verse, la aplicación del ácido giberélico y particularmente del calcio, puede ser una buena alternativa para evitar la aparición de frutos de tomate que muestran la deficiencia en este nutriente. Aunque el calcio esté presente en la solución nutritiva, ya que la planta transpira mucho más y evita el gasto de energía en transportar elementos de baja movilidad como el calcio; una deficiencia de este mineral es causa de la pérdida de muchos frutos en temporada de calor, puesto que la costra que se forma da a estos una apariencia muy desagradable (Figura 3). Esto sucede a menudo incluso en cultivos de tomate efectuados de manera tradicional.

Figura 3. Deficiencia de calcio en frutos de tomate.



Conclusiones

Las concentraciones de 20 y 40 ppm de ácido giberélico utilizadas, inciden en la productividad del cultivo, incrementando el rendimiento en kg producidos por lote, mientras que al utilizar 60 ppm, baja el rendimiento, lo que muestra la importancia de investigar más acerca de las concentraciones ideales para el clima y la radiación solar de la entidad. Lo anterior demuestra que no deben utilizarse altas concentraciones de ácido giberélico, ya que los resultados obtenidos revelan un bajo rendimiento, incluso inferior a lo obtenido en el lote testigo.

Recomendaciones

Resulta importante efectuar futuras investigaciones para determinar si el ácido giberélico facilita el traslado de nutrientes hasta

el fruto como lo muestran los resultados de esta experiencia, puesto que ésta se efectuó en época de mucho calor y el clima del invernadero subió hasta 38 °C.

Literatura Citada

- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. 2009. Anuario Estadístico de Chihuahua. Gobierno del estado de Chihuahua.
- JENSEN, M. 2001. Producción Hidropónica en Invernaderos. Boletín Informativo No.12 Universidad La Molina. Lima, Perú.
- LEÓN, H. M. 2001. Manual de Cultivo de Tomate en Invernadero. Ed. Gobierno del Estado de Chihuahua.
- MITCHEL, J. W., 1973. Métodos para el estudio de hormonas vegetales y sustancias reguladoras del crecimiento. México, D.F. México. Editorial Trillas.
- NUEZ, F. 2001. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- PAPADOPOULOS, T. 2004. Hidroponía 2004, Manejo del ambiente y de los factores nutricionales para la producción de tomate de alta calidad en invernaderos. Editora Virginia Nevárez Morillón.
- RESH, H. M. 2001. Cultivos Hidropónicos. Madrid, España. Mundiprensa.
- RESH, H. M. 2004. Hydroponic Food Production. Sixth Edition Newconcept Press Mahwah, New Jersey.
- ROJAS, M. G., Ramírez H. 1993. Control Hormonal del Desarrollo de las Plantas, Fisiología, Tecnología, Experimentación. México, D. F. Limusa Noriega Editores 1993.
- RODRÍGUEZ, A. 2004. Formulación de soluciones nutritivas, Congreso Internacional de Hidroponía 2004. Universidad Autónoma de Chihuahua, México.
- RODRÍGUEZ, R. S. 2002. Hidroponía, agricultura y bienestar. Chihuahua, México, Textos Universitarios Universidad Autónoma de Chihuahua.
- RODRÍGUEZ, R. 2001. Cultivo moderno del tomate. 2ª edición, Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.
- STANGHELLINI, C. 2004. Hidroponía 2004. Producción de vegetales en cultivo protegido: Manejo óptimo del microclima. Editora: Virginia Nevárez Moorillón. Universidad Autónoma de Chihuahua. Pág.:101.
- WEAVER, R. J. 1985 Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. México, D.F. México. Editorial Trillas. ①

Este artículo es citado así:

Ramos-Rivera, P., M. A. Rubio Romero, G. S. Rodríguez-De la Rocha, S. M. Rodríguez-Rodríguez, V. Santana-Rodríguez y A. Quintero-Ramos. 2010. *Efecto del ácido giberélico sobre la producción hidropónica del tomate variedad Gabriela*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 4(2): 106-112.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

GUADALUPE SONIA RODRÍGUEZ DE LA ROCHA. Es profesor-investigador de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Asesora estudiantes de licenciatura. Obtuvo su licenciatura en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Guadalajara recibiendo el título de Químico su maestría en la Facultad de Zootecnia de Universidad Autónoma de Chihuahua título Maestro en Ciencias área menor nutrición. Su investigación se centra principalmente en la aplicación de la Química a la producción alimentaria utilizando el método hidropónico así como en los nutrientes que dichos productos pueden aportar en la nutrición animal y de humanos. Ha impartido más de 60 cursos a la población sobre hidroponía en los estados de Chihuahua, Durango, y Sonora, a participado como organizador de 2 congresos en el área de hidroponía como maestro ponente. Es fundadora y presidente de la Sociedad Chihuahuense de Hidroponía, ha dirigido las brigadas de Servicio Social denominadas hidroponía y conservación de alimentos, que han llegado a un mínimo de 24 comunidades del estado de Chihuahua a lo largo de 14 años. Ha escrito libros, folletos y artículos así como material didáctico en el área.

VÍCTOR MANUEL SANTANA RODRÍGUEZ. Terminó su licenciatura en 1978, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Químico Bromatólogo por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Realizó su Maestría (1989) y Doctorado (1993) en la Universidad de Puerto Rico en el área de Ciencia y Tecnología de Alimentos. De 1981 a 1986 y de 1995 a la fecha labora en la Facultad de Ciencias Químicas y posee la categoría de académico titular C. Su área de especialización es la extrusión de alimentos y el estudio fisicoquímico de polisacáridos en cereales. Ha dirigido once tesis de licenciatura y veinte de Maestría. Actualmente dirige cuatro tesis de Licenciatura y tres de Maestría en colaboración con el CIAD. Es coautor, también en colaboración con el CIAD de seis artículos científicos; además ha presentado 34 ponencias orales y/o en cartel.

ARMANDO QUINTERO-RAMOS. Es profesor-investigador de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Asesora estudiantes de licenciatura y posgrado. Obtuvo su licenciatura en Ingeniería Bioquímica en el Instituto Tecnológico de Los Mochis, su maestría en el Instituto Tecnológico de Durango y su doctorado en Ingeniería Bioquímica en el área de alimentos en la misma institución, con un programa conjunto con el Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad de Cornell. Su investigación se centra en optimización de procesos y productos, fundamentándolo en estudio de los mecanismos de transferencia de masa y calor de los materiales durante el procesamiento, a través de la evaluación de propiedades físicas, químicas y sensoriales de alimentos. Con un enfoque especial en la evaluación de las propiedades de textura de los materiales procesados. Desarrolla procesos que permitan incrementar la vida de anaquel y el valor agregado en alimentos o subproductos de origen vegetal.