

EFECTO DEL NITRATO DE POTASIO, FOSFATO DE POTASIO Y ETHEPHON EN LA INDUCCIÓN FLORAL DE LA FEIJOA O GOIABEIRA SERRANA (*Acca sellowiana* [O. Berg] Burret)¹

OSKAR JAVIER GARCIA², EDGAR YIOVANI DUEÑEZ², GERHARD FISCHER³,
BERNARDO CHAVES⁴ Y OMAR CAMILO QUINTERO⁵

RESUMEN - El ensayo se llevó a cabo en la finca El Cortijo (La Vega, Cundinamarca, Colombia [04°55'N y 74°18'W], 2350 m altitud, 17°C temperatura media, 1423 mm precipitación anual, 85% humedad relativa, 1377 horas brillo solar/año). Se utilizaron árboles de feijoa o goiabeira serrana de seis años, Clon 41 ('Quimba'), evaluando fertilizantes foliares KNO₃ (Nitrato de Potasio 13-0-46® 1%, 1,5% y 2%) y KH₂PO₄ (fosfato de potasio; Cosmofoliar 0-32-43®; 0,5%, 0,75% y 1,0%) y la fitohormona ethephon (Ethrel® 48 SL; 100, 150 y 200 mg L⁻¹). Se determinaron el número de botones florales inducidos, flores formadas, además, el porcentaje de flores formadas y nivel de eficacia de los productos inductores. El KH₂PO₄ al 0,5% obtuvo resultados favorables en cada una de las variables evaluadas, comparado con el 0,75% y 1% del mismo producto y, sin embargo hubo un alto número de flores inducidas y formadas, no se presentaron diferencias significativas con el testigo. Ethephon a 150 mg L⁻¹ en la inducción de botones florales y a 100 mg L⁻¹ en la de formación de flores mostró resultados favorables, pero tampoco pudo superar el testigo por falta de significancia. La respuesta generada por KNO₃ mostró una baja inducción de botones florales, y una eficacia negativa en la proporción de flores formadas; asimismo fitotoxicidad, cuando se emplearon concentraciones al 2% de este producto.

Términos para indexación: Goiabeira serrana, formación de flores, nitrato de potasio, fosfato de potasio, ethephon, eficacia del producto, fitotoxicidad.

EFFECT OF POTASSIUM NITRATE, POTASSIUM PHOSPHATE AND ETHEPHON IN FLORAL INDUCTION OF PINEAPPLE GUAVA (*Acca sellowiana* [O. Berg] Burret)

ABSTRACT - The experiment was carried out in El Cortijo farm (La Vega, Cundinamarca, Colombia [04° 55' N and 74° 18' W], 2350 m above sea level, 17° C average temperature, 1423 mm of annual precipitation, 85% of relative humidity, and 1.377 of sunshine hours/year). In the study, evaluation of foliar fertilizers KNO₃ (potassium nitrate 13-0-46® 1%, 1.5%, and 2%), KH₂PO₄ (potassium phosphate; Cosmofoliar 0-32-43®; 0.5%, 0.75%, and 1.0%), and ethephon phytohormone (Ethrel® 48 SL; 100, 150, and 200 mg L⁻¹) was done on six year old pineapple guava trees of Clone 41 ('Quimba'). The number of induced floral buds and formed flowers were evaluated, as well as the percentage of formed flowers, and the efficacy levels of inducing products. Application of KH₂PO₄ at 0.5% produced favorable results in each of the proposed variables; compared to 0.75% and 1% of the same product and, however there were a high number of induced and formed flowers, no significant differences with the control were found. With ethephon at 150 mg L⁻¹ in floral induction and at 100 mg L⁻¹ in flower formation good responses was obtained, but no differences with the control. The plant response to KNO₃ was a low induction of floral buds and a negative efficacy in the proportion of flowers formed, and also phytotoxicity when KNO₃ concentration was 2%.

Index terms: Pineapple guava, flower formation, potassium nitrate, potassium phosphate, ethephon, product efficacy, phytotoxicity.

INTRODUCCIÓN

La feijoa o goiabeira serrana (*Acca sellowiana* [O. Berg] Burret, familia Myrtaceae), es un arbusto subtropical originario de la zona que se extiende desde el sur del Brasil, sobre Uruguay y las partes altas del lado occidental del Paraguay hasta el noroeste de Argentina. La planta se caracteriza por su alta capacidad de adaptarse a diferentes zonas climáticas, en cultivos comerciales en Colombia, altitudes sobre 1800 y 2650 m temperaturas entre 13 y 21°C (promedio 16°C), precipitación anual de 700 a 1200 mm, una exposición a la radiación solar de 1500

horas brillo solar/ año y humedad relativa promedio del 70% (Fischer, 2003).

El fruto de la feijoa debido a sus características organolépticas y a su agradable aroma, tiene buena aceptación en los mercados nacionales e internacionales como producto fresco o para la industria agroalimentaria. La producción en Israel, Italia, Francia, España, Estados Unidos y Nueva Zelanda no es constante durante todo el año, debido a las estaciones climáticas. En estos países la producción y disponibilidad de la fruta se concentra en ciertos meses lo que reduce notablemente su permanencia y reconocimiento en los mercados. Esta condición representa una gran oportunidad para Colombia, que puede entrar

¹(Trabalho 188-07). Recebido em: 02-08-2007. Aceito para publicação em: 07-07-2008.

²Ing. Agr., Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. garkoz13@yahoo.com, yiovanito@yahoo.com

³Ing. Hort. Dr., Prof. Asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. gerfischer@gmail.com

⁴Estadístico; M.Sc., Prof. Asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. bchavesc@unal.edu.co

⁵Biólogo, Empresa DisFruta las Feijoas, Bogotá. overfeijoas@gmail.com

en el mercado Europeo en la época de mayor demanda de productos frescos exóticos (Noviembre a Marzo) y durante los demás meses que presente una demanda sostenida (CCI, 2000).

La programación de cosechas mediante aplicación de productos químicos y otras técnicas de manejo de cultivo prolongan la época de oferta de los frutos, aumentan la competitividad en los mercados nacionales e internacionales y promueven el uso eficiente de los insumos como los fertilizantes y pesticidas, entre otros (Davenport & Nuñez-Elisea, 1997).

La inducción floral es un proceso mediante el cual las yemas de los frutales, originalmente vegetativas, sufren cambios metabólicos que las preparan para transformarse en yemas florales (Yuri et al., 2002). En especies frutales la inducción y diferenciación floral es controlada de manera natural por factores ambientales, ontogénicos y fisiológicos (Bernier, 1988). Los factores del medio son captados en las hojas y controlan en parte la producción de un estímulo floral transmitido hacia los meristemas apicales; en consecuencia, los ápices vegetativos sufren cambios que favorecen su diferenciación hacia primordios florales (Aukerman & Amasino, 1998).

Existen numerosos factores que afectan la inducción y la apertura de flores, como son el contenido mineral, reservas de carbohidratos, actividad relativa del crecimiento vegetativo y reproductivo, hormonas y condiciones ambientales (Reddy & Majmudar, 1985).

La manipulación agronómica de la inducción y la diferenciación floral es posible en especies perennes mediante la aplicación foliar de diversas sustancias o bajo determinadas condiciones de cultivo (Chaikiattiyos et al., 1994). Este manejo pretende lograr precocidad, anticipar o retrasar la floración respecto a la temporada normal o, incluso, a producir determinados cultivos fuera de su área natural de adaptación, lo cual se ha denominado producción forzada (Rodríguez, 1989). Una de las aplicaciones más atractivas de la producción forzada es obtener la cosecha fuera de la época normal de producción para comercializarla a mejor precio. También es posible extender el rendimiento anual por unidad de superficie. Sin embargo, la base genética, los procesos fisiológicos y la manera en que estos son afectados por inductores de floración no han sido estudiados completamente (Weigel, 1995).

Las aplicaciones con KNO_3 estimulan la inducción floral en mango, especialmente en regiones tropicales (Nuñez-Elisea, 1985); sin embargo, pierden su efecto en latitudes mayores como en la Florida (Davenport y Nuñez-Elisea, 1990). El etileno está inmerso en múltiples aspectos del desarrollo floral, desde la iniciación hasta la senescencia de las flores (Klee & Clark, 2004).

Existe evidencia que el estímulo de floración por el KNO_3 en mango es mediado por niveles crecientes de etileno endógeno (López, 1984). Así, Barba (1974), reporta que el nitrato provoca la formación de la nitrato reductasa, una enzima adaptable que aparece en plantas cuando hay presencia de nitrato convirtiéndolo en nitrito que finalmente conlleva a la producción de amino ácidos, como la metionina, un precursor directo del etileno en las plantas. En otra mirtácea, la guayaba, la doble aspersión con Ethrel (1 mL L^{-1}) produjo el mayor número de flores

y frutos por planta comparado con aplicaciones de nitrato de amonio, micronutrientes o estrés hídrico (Castelán-Estrada & Becerril-Román, 1994).

El potasio fuerza la formación de fosfatos energéticos que al tiempo son necesarios para la formación floral (Feucht, 1982). El número alto de botones florales y una abundante fertilidad están ligados a un óptimo suministro con fosfato; la deficiencia de este elemento origina floración más escasa (Agustí, 2003).

Debido a que la adaptación de la feijoa a zonas tropicales carece de información respecto a la inducción floral, el presente ensayo tuvo como objetivo estudiar la respuesta a la aplicación foliar de nitrato de potasio, fosfato de potasio y ethephon en las etapas de inducción floral y formación de flores del clon 41 'Quimba'.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la finca El Cortijo, ubicada a 2350 m en el municipio de La Vega, Cundinamarca (Colombia), situada a $04^{\circ}55'N$ y $74^{\circ}18'W$, con una temperatura promedio de $17^{\circ}C$, horas de brillo solar anual 1377, humedad relativa promedio 85% y precipitación promedio anual de 1423 mm (IDEAM, 2002). Según la clasificación de Holdridge la zona pertenece al Bosque húmedo montano bajo (bh-MB).

El lote seleccionado presenta una pendiente de 25%, abarca un área de 9750 m^2 , correspondiente a 975 plantas, sembradas a 2,5 m entre plantas y 4,0 m entre surcos. La investigación en su parte de campo tuvo una duración de 4 meses empezando en Febrero y culminando Junio de 2006.

El material vegetal utilizado fue el cultivar Clon 41 'Quimba', que al momento de iniciar el experimento tenía una edad de seis años y sus ramas se encontraban agobiadas. Para la aplicación de los tratamientos se utilizaron cuatro ramas del tercio inferior el árbol; luego de la selección se realizó la labor de la poda de las cuatro ramas para estimular la formación de nuevos botones florales (Quintero, 1993). Los árboles seleccionados se encontraban en la fase reproductiva en la que si la poda se realizara (teniendo el árbol botones florales, flores, cuajas, frutos y/o todos a la vez), la respuesta es la emisión de ramas nuevas con más botones florales (Quintero, 2003).

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 10 tratamientos y tres repeticiones debido a que el terreno presentaba una pendiente considerable y los tratamientos fueron distribuidos al azar en cada uno de los bloques. Los tratamientos fueron: (1) Nitrato de Potasio 13-0-46® (KNO_3) 1%; (2) KNO_3 1,5%; (3) KNO_3 2%; (4) Cosmofoliar 0-32-43® (KH_2PO_4) 0,5%; (5) KH_2PO_4 0,75%; (6) KH_2PO_4 1%; (7) Ethrel® 48 SL (Ethephon) 100 mg L^{-1} ; (8) Ethephon 150 mg L^{-1} (9) Ethephon 200 mg L^{-1} y (10) Testigo (sin aplicación).

La unidad experimental estuvo constituida por un árbol de donde se seleccionaron cuatro ramas en el tercio inferior. Las variables que se midieron y calcularon en el ensayo fueron: número de botones florales inducidos, número de flores formadas, porcentaje de flores formadas, relación del número de botones florales inducidos con respecto a la formación de flores y el nivel

de eficacia de los productos inductores. Los botones florales inducidos se reconocieron por ser más ovalados y con un color crema, en comparación con las yemas vegetativas que son más agudas y de color verde pálido.

El Cosmofoliar 0-32-43®, además de los macronutrientes P_2O_5 32% y K_2O 43%, contiene micronutrientes quelatados con EDTA, CaO 0,27%, MgO 0,28%, Fe 0,25%, Cu 0,1%, Zn 0,21%, Mn 0,05%, Co 0,0019%, B 0,22% y Mo 0,011%. Para una mayor eficacia de los productos inductores se empleó el coadyuvante COSMO-IND® (1 cm³ L⁻¹). Se dejó un árbol intermedio entre cada tratamiento (árbol borde), para evitar la deriva de la aplicación de los tratamientos ya que puede influir o enmascarar la respuesta del árbol al tratamiento aplicado.

Al momento de realizar la poda se aplicaron los productos en forma asperjada al tercio inferior del árbol, mediante el empleo de una bomba manual al tercio inferior del árbol (1,6 L). Una vez aplicados los tratamientos, se repitieron cada 15 días durante los dos primeros meses del ensayo.

Las aplicaciones se realizaron en las horas de la mañana, cuando la temperatura no era muy elevada. Las labores de manejo (fertilización edáfica, deshierba y control fitosanitario) se hicieron de forma similar para todo el lote de la finca. En total se realizaron 24 evaluaciones, cada ocho días, a partir de aplicados los tratamientos hasta el final del ensayo.

Posteriormente con los datos obtenidos se realizó un análisis estadístico, que incluyó análisis de varianza (ANOVA) para las variables: número de botones florales inducidos, flores y frutos cuajados, se realizaron comparaciones entre grupos de tratamientos a través de contrastes y pruebas Tukey y análisis de regresión para establecer el mejor tratamiento, se halló el coeficiente de determinación y la respectiva ecuación de la forma $Y = \beta_0 + \beta_1 X$ donde: Y: es la respuesta del número de estructuras reproductivas formadas (botones florales inducidos; flores formadas) en el número de días transcurridos. β_0 : Intercepto. β_1 : Número de estructuras formadas por cada día transcurrido (coeficiente de regresión). X: Días de ejecución del ensayo. Se utilizó el paquete estadístico S.A.S 9.1. Para el porcentaje de flores formadas, relación del número de botones florales inducidos con respecto a la formación de flores y nivel de eficacia de los productos inductores, se realizó una relación matemática expresada en forma de porcentaje (ecuación 1):

Eficacia de estructuras reproductivas (%) = [Cantidad total de estructuras reproductivas formadas del tratamiento / Cantidad total de estructuras reproductivas formadas del testigo] x 100 / Cantidad total de estructuras reproductivas formadas del testigo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de botones florales inducidos

De acuerdo con la prueba de Tukey ($P < 0,05$) las aplicaciones de KH_2PO_4 a 0,5% y ethephon a 150 mg L⁻¹ presentaron diferencias significativas con los tratamientos KH_2PO_4 al 0,75% y 1,0% y KNO_3 al 2% (Tabla 1). Según los contrastes la respuesta a la dosis de KH_2PO_4 fue lineal; hubo diferencia entre los tres productos, dependiendo de la

concentración aplicada. Luego del análisis de varianza se realizó un análisis de regresión (Tabla 1).

Los coeficientes de determinación para el número de botones florales inducidos fueron altos (mayor al 86%), lo que explica que las variaciones de esta medida se atribuyen al transcurso del tiempo (días). De acuerdo con la Tabla 1, se observó que el KH_2PO_4 al 0,5% presentó la mejor respuesta a través de todo el ensayo, aplicando la ecuación en comparación con el testigo, donde el valor real del número total de botones florales inducidos fue de 348, mientras que el testigo fue de 168, esta diferencia hipotéticamente podría representar que la inducción floral de KH_2PO_4 duplica la del testigo. En valores reales, el ethephon a 150 mg L⁻¹ indujo más botones florales que KH_2PO_4 al 0,5%, sin embargo no arrojó diferencia estadística entre estos dos tratamientos, siendo estos dos significativamente diferentes al KH_2PO_4 al 0,75% y 1% (Tabla 1). La respuesta en la inducción floral por parte del tratamiento KH_2PO_4 a una concentración 0,5% comenzó a partir de los 15 días de ejecutada la poda y la aplicación del producto (Figura 1). El fomento en la inducción de botones florales de la feijoa a la aplicación del KH_2PO_4 coincide con lo encontrado por Reddy & Majmudar (1985) en variedades de mango en las cuales un mayor porcentaje de inducción floral se observó en las laterales de brotes que habían florecido o fructificado en la temporada anterior y contenían las concentraciones más altas del P en los brotes.

Sin embargo, para ethephon a 100 mg L⁻¹ y a 150 mg L⁻¹ se observaron en los valores reales un número más alto de botones florales inducidos (269 y 379, respectivamente) no se presentaron diferencias estadísticas con respecto al testigo. El número de botones florales inducidos para el ethephon a 100 mg L⁻¹ se presentó a partir de los 50 días después de la poda y aplicación del producto, es decir, 10 días antes de terminarse la última aplicación. Resultados similares se evidenciaron con la aplicación del ethephon a 150 mg L⁻¹; éste tratamiento aumentó el número de botones florales inducidos de forma exponencial a partir de los 65 días de ejecutada la labor poda y aplicación del producto. Ethephon a 150 mg L⁻¹, presentó mejor respuesta entre los 105 y 121 días respecto a los demás tratamientos, de modo que superó la respuesta presentada por el KH_2PO_4 a una concentración de 0,5%.

También en mango, ethephon en una concentración de 200 mg L⁻¹, indujo alta floración y fructificación en un "off year" en la variedad alternante 'Langra' (Chacko et al., 1974); la alternancia (fructificación bianual) se caracterizó por una inmadurez fisiológica de brotes, concentraciones bajas de reservas de carbohidratos y de nitrógeno.

Número de flores formadas

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los tratamientos, en tal forma que el promedio de flores de 4 ramas por árbol fue más alto en el tratamiento KH_2PO_4 al 0,5%, comparado con el 0,75% y el 1,00% del mismo producto, el KNO_3 al 2,0% y el Ethephon a 1,0% (Tabla 2). Posteriormente se realizaron pruebas de contrastes y se observó respuesta lineal del KH_2PO_4 y del ethephon. Luego se realizó un análisis de regresión.

Sin embargo, el número promedio de flores formadas fue 4,48 veces más alto, aplicando KH_2PO_4 al 0,5%, lo que estimuló progresivamente las flores formadas a partir de los 50 días (Figura 2), no hubo diferencia significativa con el testigo (Tabla 2).

El fomento floral en frutales a través del fósforo se describe en Feucht (1982), indicando que además del incremento del metabolismo en estas yemas, el P aumenta la absorción de Mg que también es fundamental en la formación floral y, asimismo, promueve la síntesis de los ácidos nucleicos (Feucht, 1982).

Similar al caso del KH_2PO_4 al 0,5%, ethephon a 100 mg L^{-1} produjo una relación de 3,14 en el número de las flores formadas (Tabla 2), comparado con el testigo, sin embargo, esta diferencia no fue significativa. Ethephon a 100 mg L^{-1} a partir de los 70 días inició la formación de flores, acorde con la aparición de botones inducidos (Figura 2). Un efecto estimulante del ethephon a 100 mg L^{-1} en la floración de la feijoa coincide con lo reportado por Saidha et al. (1983) en mango, quienes observaron una producción de etileno cinco veces mayor que la concentración en los brotes vegetativos.

Los restantes tratamientos respondieron de forma similar al número de flores formadas en el testigo; a pesar de transcurrido el tiempo no hubo un aumento proporcional al número de flores formadas, sino que presentaron una tendencia estable a través del tiempo por lo que los productos aplicados no influyeron en el número de flores formadas. En contraste, las aplicaciones con KNO_3 mostraron resultados regulares, con un marcado número menor de flores formadas al 2% comparado con el KH_2PO_4 al 0,5% (Tabla 2, Figura 2).

En mango, la aplicación de otra fuente de nitrógeno, urea, incrementó el número de flores resultando en un mayor número de frutos cuajados por panícula (Tiwari & Rajput, 1976). También en guayaba, la poda y la fertilización con urea aumentaron floración y producción (Shigeura & Bullock, 1976).

Porcentaje de flores formadas

El KH_2PO_4 al 0,5% presentó el mayor porcentaje de flores formadas seguido por el tratamiento ethephon a 100 mg L^{-1} (Tabla 3). Feucht (1982) afirma que los botones que inician flores exigen un metabolismo activo, especialmente en la formación de proteínas, para los cuales un suministro con P es esencial. Al aumentar la concentración de KH_2PO_4 hubo una disminución en el porcentaje de flores formadas con respecto al 0,5% de este producto.

En los tratamientos aplicados con ethephon sobresale la concentración 100 mg L^{-1} ya que presentó un 51,3% de flores formadas, al aumentar las concentraciones de este provocó un descenso en este porcentaje. La respuesta generada por el KNO_3 fue similar en los diferentes niveles de concentración y fueron parecidos a la respuesta generada por el testigo. Posiblemente, un efecto estimulante del KNO_3 sobre la formación de flores, podría haber sido inhibido teniendo en cuenta que altas concentraciones de nitrógeno pueden diluir el fósforo causando un menor porcentaje de floración (Feucht, 1982).

Nivel de eficacia de los productos inductores

La concentración de 1,5% de KNO_3 mostró un aumento del 8,33% de botones florales inducidos y un 4,90% de formación de flores en comparación con el testigo (Tabla 3). Probablemente, esta dosis generó en feijoa el estímulo floral a través de las hojas y no el nitrato directamente (que es el componente activo del nitrato de potasio [Bueno & Valmayor, 1974]), lo que causó que los botones receptivos iniciaran el proceso reproductivo (Davenport y Nuñez-Elisea, 1997). Posiblemente, esta dosis fue favorable para establecer una relación adecuada de C/N (igual a 1) que, según Schneider y Scarborough (1986), presenta el equilibrio entre la fase vegetativa y la diferenciación de las yemas.

La dosis del 1% del KNO_3 no fue suficiente alta para originar este estímulo y la superior (2% KNO_3) mostró una disminución del 33,33% (Tabla 3), debido especialmente, a que esta dosis causó fototoxicidad, hiponastia en hojas, necrosamiento de botones florales y flores formadas. En comparación, en mango, Davenport & Nuñez-Elisea (1990) encontraron epinastia foliar y salida de látex en brotes florales inducidos por ethephon; y Chacko et al. (1974) observaron que concentraciones altas de ethephon (500 a 2.000 mg L^{-1}) indujeron moderada a severa abscisión foliar. La concentración más alta y baja, 1 y 2% de KNO_3 , no lograron aumentar el porcentaje de botones florales que llegaron a formar flores comparado con el testigo.

Los resultados expuestos por el tratamiento KH_2PO_4 al 0,5%, relacionado con la eficacia en la inducción de botones florales y en la floración, fueron sobresalientes (Tabla 3). Esta respuesta se podría haber generado debido a la alta asimilación del producto en las yemas reproductivas y, además, por la presencia del elemento fósforo que es importante en la inducción floral, lo que indica la alta concentración del P que encontraron Reddy & Majmudar (1985) y Feucht (1982) en botones florales comparado con yemas vegetativas.

En los tratamientos con concentraciones superiores (0,75 y 1,0% KH_2PO_4) algunos efectos inhibidores podrían haber desempeñado un papel importante, debido a que altas concentraciones del P pueden reducir los microelementos Cu, Mn y Zn en la planta (Feucht, 1982).

El efecto del ethephon a 100 mg L^{-1} mostró un aumento de 60,12% y a 100 mg L^{-1} uno de 125,60% de la eficacia del tratamiento en la inducción de botones florales, en comparación con el tratamiento testigo (Tabla 3). Posiblemente, este fomento floral se dio por la concentración del producto y además por su fácil asimilación en las yemas reproductivas. La respuesta favorable del ethephon a 150 mg L^{-1} en la eficacia de la inducción de botones florales podría ser fundamentada por la tendencia lineal de la concentración del ethephon (Tabla 3). De igual forma, este efecto positivo puede ser argumentado de acuerdo con Saidha et al. (1983) quienes reportaron que un aumento interno en la producción de etileno foliar conlleva a una etapa cercana a la iniciación floral. Por lo tanto, permite explicar la traslocación eficiente del etileno desde las hojas hacia las yemas reproductivas lo que posteriormente genera la diferenciación de botones florales. Posteriormente, en la formación de flores la eficacia de ethephon a 100 mg L^{-1} fue mayor (95,88%) que el

tratamiento testigo. De acuerdo con Davenport & Nuñez-Elisea (1990), al parecer el etileno endógeno está involucrado en los procesos de floración lo cual está bien fundamentado por las observaciones que indirectamente una síntomas de producción de etileno a los procesos de floración.

Con respecto a la formación de flores, la respuesta de 150 mg L⁻¹ del ethephon (-33,51%) no superó el testigo. Sin embargo,

hubo un aumento leve (6,55%) de 200 mg L⁻¹ ethephon en la eficacia de la inducción floral; esta concentración, con respecto a la formación de flores, fue nociva (-61,60%) igualmente como los 150 mg L⁻¹ (-33,51%), probablemente, estas dosis indujeron senescencia prematura de varias yemas reproductivas y generaron abscisión en las flores formadas (Chacko et al., 1972).

TABLA 1 - Resultados del análisis de regresión lineal, valores reales y estimados y promedios del número de botones florales inducidos

Tratamiento	Coefficiente de determinación (R ²)	Ecuación	Coefficiente de variación de análisis de regresión (%)	Valores reales durante todo el ensayo (120 días), total de 3 bloques	Valores estimados (120 días) mediante la ecuación 1	Nº. promedio de botones florales inducidos/ árbol ^{1,2,3,4}
KNO ₃ 1,00%	0,92	Y = - 28,32 + 1,31 * X	28,65	156	128,88	52,00 ab
KNO ₃ 1,50%	0,93	Y = - 50,08 + 2,11 * X	27,61	182	203,12	60,67 ab
KNO ₃ 2,00%	0,89	Y = - 18,99 + 0,90 * X	33,36	112	89,00	37,33 b
KH ₂ PO ₄ 0,50%	0,97	Y = - 5,38 + 3,36 * X	11,46	348	398,00	116,00 a
KH ₂ PO ₄ 0,75%	0,98	Y = - 7,01 + 0,93 * X	10,33	104	104,59	34,67 b
KH ₂ PO ₄ 1,00%	0,89	Y = - 10,49 + 0,48 * X	33,59	59	47,11	19,67 b
Ethephon 100 mg L ⁻¹	0,96	Y = - 55,78 + 2,91 * X	18,35	269	293,42	89,67 ab
Ethephon 150 mg L ⁻¹	0,86	Y = - 86,55 + 3,46 * X	43,07	379	328,65	126,33 a
Ethephon 200 mg L ⁻¹	0,90	Y = - 36,88 + 1,62 * X	34,49	179	157,52	59,67 ab
Testigo	0,90	Y = - 35,68 + 1,72 * X	24,52	168	170,72	56,00 ab

¹ Promedio de 4 ramas por árbol; ² Promedios con letras diferentes son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey (P < 0,05);

³ Valor test F = 0,0544; Coeficiente de variación = 59,96; DMS = 114,46.

TABLA 2 - Resultados del análisis de regresión lineal, valores reales y estimados y promedios del número de flores formadas.

Tratamiento	Coefficiente de determinación (R ²)	Ecuación	Coefficiente de variación de análisis de regresión (%)	Valores reales durante todo el ensayo (120 días), total de 3 bloques	Valores estimados (120 días) mediante la ecuación 1	Número promedio de flores formadas/ árbol ^{1,2,3,4}
KNO ₃ 1,00%	0,80	Y = - 6,26 + 0,021 * X	65,17	30	18,94	10,00 ab
KNO ₃ 1,50%	0,44	Y = - 8,73 + 0,24 * X	197,42	50	20,07	16,67 ab
KNO ₃ 2,00%	0,65	Y = - 6,45 + 0,19 * X	113,72	26	16,35	8,67 b
KH ₂ PO ₄ 0,50%	0,87	Y = - 46,99 + 1,63 * X	48,29	197	148,61	65,67 a
KH ₂ PO ₄ 0,75%	0,89	Y = - 10,36 + 0,37 * X	40,83	41	34,04	13,67 b
KH ₂ PO ₄ 1,00%	0,72	Y = - 2,87 + 0,09 * X	78,92	16	7,93	5,33 b
Ethephon 100 mg L ⁻¹	0,60	Y = - 26,47 + 0,78 * X	125,01	138	67,13	46,00 ab
Ethephon 150 mg L ⁻¹	0,56	Y = - 9,87 + 0,33 * X	115,39	66	29,73	22,00 ab
Ethephon 200 mg L ⁻¹	0,96	Y = - 1,56 + 0,07 * X	18,85	18	6,84	6,00 b
Testigo	0,74	Y = - 8,90 + 0,28 * X	81,37	44	24,7	14,67 ab

¹ Promedio de 4 ramas por árbol; ² Promedios con letras diferentes son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey (P < 0,05); ³ Valor test F = 0,0192; Coeficiente de variación = 95,41; ⁴DMS = 57,35.

TABLA 3 - Porcentaje de flores con respecto al número de botones inducidos y eficacia en porcentaje de los tratamientos en la formación respectiva de estructuras reproductivas en comparación al tratamiento testigo.

Tratamiento	% Flores formadas	Eficacia de los tratamientos (%) ¹	
		Inducción botones florales	Flores formadas
KNO ₃ 1%	19,23	-7,14	-26,57
KNO ₃ 1,5%	27,47	8,33	4,90
KNO ₃ 2%	23,21	-33,33	-11,36
KH ₂ PO ₄ 0,5%	56,61	107,14	116,14
KH ₂ PO ₄ 0,75%	39,42	-38,10	50,52
KH ₂ PO ₄ 1%	27,12	-64,88	3,54
Ethephon 100 mg L ⁻¹	51,30	60,12	95,88
Ethephon 150 mg L ⁻¹	17,41	125,60	-33,51
Ethephon 200 mg L ⁻¹	10,06	6,55	-61,60
Testigo	26,19		

¹ Según ecuación 1, mencionado en el capítulo materiales y métodos.

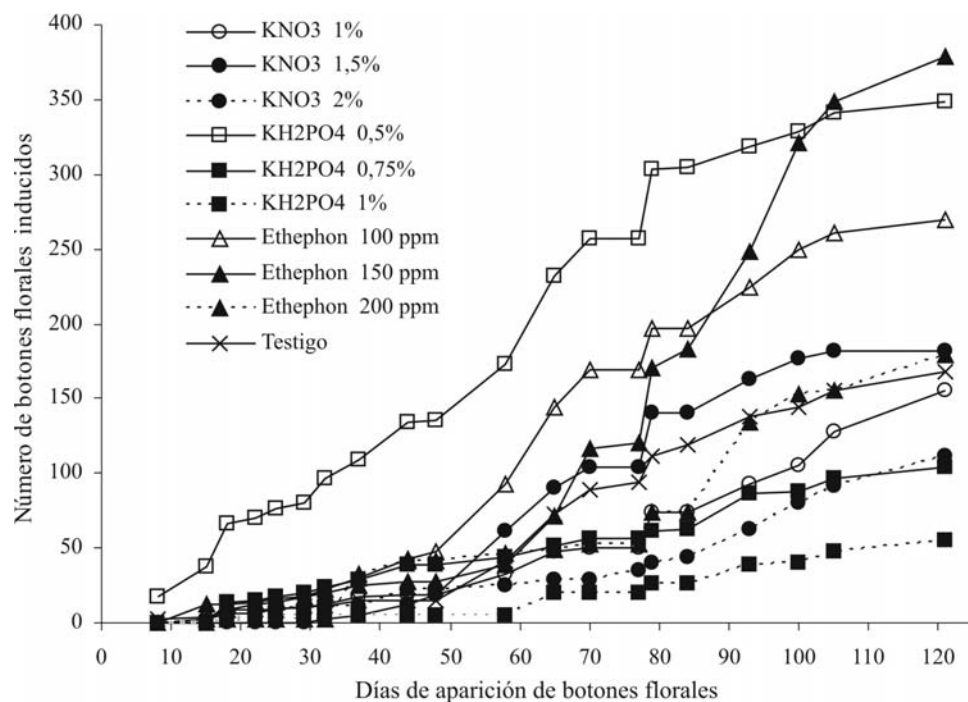


FIGURA 1 – Respuesta del número de botones florales inducidos, acumulado por los tratamientos a través del tiempo, en un total de 4 ramas por árbol.

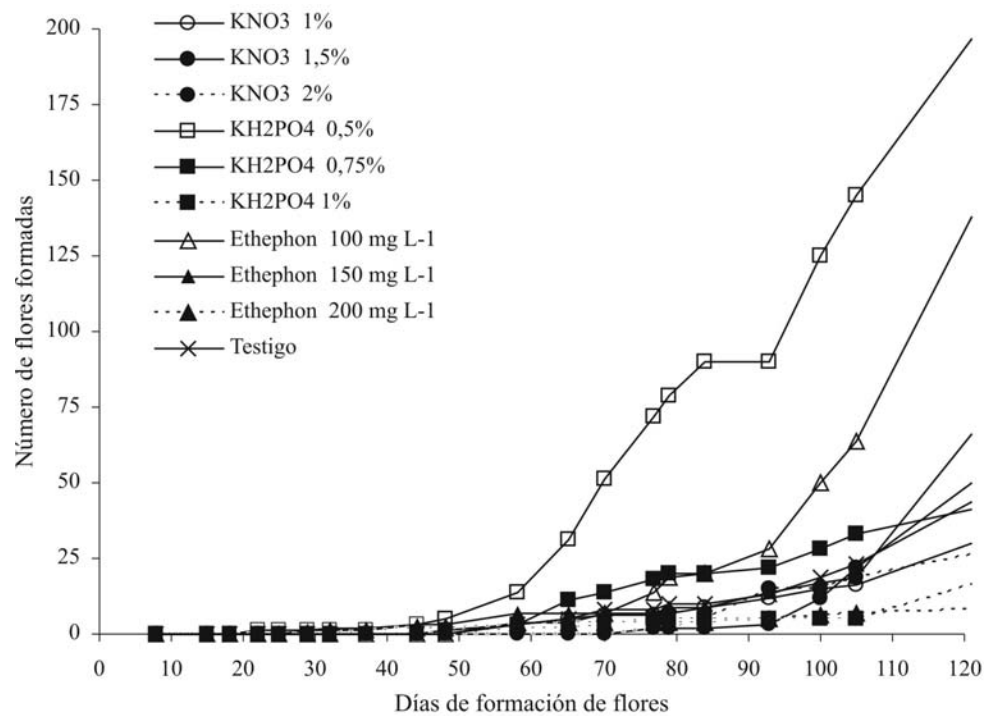


FIGURA 2 - Respuesta del número de flores formadas a partir de los botones florales inducidos, acumulado por los tratamientos a través del tiempo, en un total de 4 por árbol.

CONCLUSIONES

1-La investigación sustentó que en la inducción y formación floral de feijoa, productos como KH_2PO_4 (Cosmofoliar 0-32-43®) y la fitohormona ethephon (Ethrel® 48 SL) en concentraciones específicas tienden a fomentar estos procesos.

2-Comparando los tres productos aplicados, el KH_2PO_4 al 0,5% obtuvo una respuesta favorable en la relación y el porcentaje de estructuras reproductivas, empleando menor tiempo para la formación de cada una de estas estructuras. Este efecto estimulante en la fase reproductiva de la feijoa se atribuye, sobre todo, a la acción del P.

3-La aplicación de ethephon a 150 mg L^{-1} obtuvo un fomento en la inducción de botones florales y a 100 mg L^{-1} en la formación de flores.

4-Debido a los coeficientes altos de variación no se presentaron diferencias significativas con el testigo (sin aplicación del producto).

5-El KNO_3 mostró poco efecto en la inducción de botones florales. Se observaron síntomas de fitotoxicidad cuando se emplearon concentraciones iguales o superiores al 2% de este producto.

REFERENCIAS

- AGUSTÍ, M. **Citricultura**. 2nd. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2003. 422p.
- AUKERMAN, M.; AMASINO, R. Floral induction and florigen. **The Plant Cell**, Rockville, v.93, p.491-494, 1998.
- BARBA, R. Induction of flowering of mango by chemical spray. **Crop Science Society of the Philippines Proceedings**, Manila, v.5, p.154-160, 1974.
- BERNIER, G. The control of floral evocation y morphogenesis. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.39, p.175-219, 1988.
- BUENO, P.B.; VALMAYOR, R. V. Potassium nitrate: key to mango flowering. **Agriculture Los Baños**, Los Baños, v.13, p.4-16, 1974.
- CASTELÁN-ESTRADA, M.; BECERRIL-ROMÁN, A.E. Fisiología de la producción forzada en *Psidium guajava*. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Miami, v.38, p.152-156, 1994.
- CCI - Cooperación Colombia Internacional. La feijoa. **Revista Exótica**, Bogotá, v.4, n.4, p.17-21, 2000.
- CHACKO, E.K.; KOHLI, R.R.; RANDHAWA, G.S. Investigations on the use of 2-chloroethyl phosphonic acid (Ethephon, CEPA) for the control of biennial bearing in mango. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.2, p.389-398, 1974.
- CHAIKIATTIYOS, S.C.; MENZEL, M.; RASMUSSEN, T.S. Floral induction in tropical fruit trees: Effects of temperature and water supply. **HortScience**, Alexandria, v.69, p.397-415, 1994.
- DAVENPORT, T.; NUÑEZ-ELISEA, R. Reproductive physiology. En: LITZ, R.E. (Ed.). **The mango: botany, production and uses**. Wallingford, UK: CAB International, 1997. p.69-146.
- DAVENPORT, T.; NUÑEZ-ELISEA, R. Ethylene and other endogenous factors possibly involved in mango flowering. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.275, p.441-447, 1990.
- FEUCHT, W. **Das Obstgehölz**. Stuttgart: Eugen Ulmer, 1982. 256p.
- FISCHER, G. Ecofisiología, crecimiento y desarrollo de la feijoa. In: FISCHER, G, D. MIRANDA, D.; CAYÓN, G.; MAZORRA, M. (Ed.). **Cultivo, poscosecha y exportación de la feijoa (Acca sellowiana Berg)**. Bogotá: Produmedios, 2003. p.9-26.
- IDEAM. Instituto de hidrológia, meteorología y estudios ambientales sistema de información ambiental registros estacionales sabaneta. Bogotá, 2002.
- KLEE, H.J.; CLARK, D.G. Ethylene signal transduction in fruits and flowers. In: DAVIES, P.J. (ed.). **Plant hormones: biosynthesis, signal transduction, action!**. Dordrecht: Kluwer Publishers, 2004. p.369-412.
- LOPEZ, M.R. **El nitrato de potasio como promotor de la síntesis endógena de etileno y la inducción floral en mango (Mangifera indica) cv. Manila**. 1984. Tesis (Maestría) - Universidad Autónoma Chapingo, Mexico, 1984.
- NUÑEZ-ELISEA, R. Flowering and fruit set of a monoembryonic and polyembryonic mango as influenced by potassium nitrate sprays and shoot decapitation. **Proceedings of the Florida State Horticulture Society**, Miami, v.98, p.179-183, 1985.
- QUINTERO, O. Control de cosechas empleando nuevas técnicas de poda en germoplasma y cultivares seleccionados de feijoa (*Acca sellowiana*). **Agro-Desarrollo**, Tunja, v.1-2, n.4, p.89-106. 1993
- QUINTERO, O. Selección de cultivares, manejo de cultivo y regulación de cosechas de feijoa. In: FISCHER, G, MIRANDA, D.; CAYÓN, G.; MAZORRA, M. (Ed.). **Cultivo, poscosecha y exportación de la feijoa (Acca sellowiana. Berg)**. Bogotá: Produmedios, 2003. p.49-71
- REDDY, S.E.; MAJMUDAR, A.M. Tracking phosphorus patterns in mango (*Mangifera indica* L.) and possible relations to floral induction. **Fertilizer Research**, Wageningen, v.6, p.225-234, 1985.
- RODRÍGUEZ, A. Inducción y diferenciación floral en frutales tropicales y subtropicales: una especie de revisión. En:

SIMPOSIO PRODUCCIÓN FORZADA EN FRUTALES, 1989, Chapingo, México: Colegio de Postgraduados, p.17-19.

SAIDHA, T.; MADHAVARAO, V.N.; SANTHANAKRISHNAN, P. Internal leaf ethylene levels in relation to flowering in mango. **Indian Journal of Horticulture**, New Delhi, v.40, p.139-146, 1983

SCHNEIDER, O.; SCARBOROUGH, C. **Cultivo de los árboles frutales**, México, DF: Editorial Continental, 1986.

SHIGEURA, T.; BULLOCK, R. Flower induction and fruit production of guava (*Psidium guajava* L.). **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.57, p.247-251, 1976.

TIWARI, J.; RAJPUT, C.B.S. Significance of nitrogen on the growth, flowering and fruiting of mango cultivars. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.57, p.29-36, 1976.

YURI, J.A.; LOBOS, G.; LEPE, V. Inducción floral. **Pomáceas boletín técnico**, 2002. 4p. Disponível em: <<http://pomaceas.otalca.cl>>. Acesso em: jul. 2006.

WEIGEL, D. The genetics of flower development: from floral induction to ovule morphogenesis. **Annual Review of Genetics**, Palo Alto, v.29, p.19-39, 1995.