

Inducción de la diferenciación de inflorescencias en higuera "black mission"

Induction of the differentiation of inflorescences in fig tree "black mission"

José Alberto Urrieta Velázquez¹, Hilario Macias Rodriguez^{2*}

^{1,2} CENID-RASPA, INIFAP. Km. 6.5 Margen Derecha Canal de Sacramento S/N, Ejido Las Huertas, Gómez Palacio, Durango. CP. 35140.

*Autor para correspondencia: macias.hilario@inifap.gob.mx

RESUMEN

La higuera tiene un porcentaje de amarre de siconos de 51-88% de manera natural, no obstante, en la región de Parras, Coahuila ha sido muy bajo y puede deberse a diversos factores del clima, estado hormonal de planta y desbalances nutrimentales. El trabajo tuvo como objetivo inducir la diferenciación de inflorescencias en higueras de un año de edad. Para lo cual se hicieron tratamientos a base de ácido salicílico a dosis de 15 ppm y 30 ppm, anillado de ramas principales y un testigo (sin ácido salicílico y sin anillar). Los tratamientos fueron establecidos usando el diseño experimental de bloques completos con tratamientos aleatorizados con diez repeticiones. Las variables registradas por rama (tres ramas por higuera) fueron la longitud, diámetro medio, número de yemas vegetativas, número de yemas reproductivas y número total de yemas. Los análisis estadísticos mostraron que las higueras anilladas y las higueras tratadas con ácido salicílico a 30 ppm promueven la diferenciación de inflorescencias (29.09% y 28.04% respectivamente), aunque con el anillado el crecimiento del sicono es más rápido. La dosis baja y el testigo tuvieron la misma tendencia en la formación de yemas reproductivas.

Palabras clave: diferenciación de inflorescencias, higuera, anillado.

ABSTRACT

The fig tree has a percentage of syconium of 51-88% naturally, however, in the region of Parras, Coahuila it has been very low, which may be due to various factors of the climate, hormonal status of the plant and nutritional imbalances in the plant. The aim of the work was to induce the differentiation of inflorescences in one-year-old fig trees. For which salicylic acid-based treatments were made at doses of 15 ppm and 30 ppm, girdling the main branches and a control (without salicylic acid and without girdling). The treatments were established using the complete block experimental design with randomized treatments with ten repetitions. The variables recorded per branch (three branches per fig tree) were length, mean diameter, number of vegetative buds, number of reproductive buds and total number of buds. Statistical analyzes showed that ringed fig trees and fig trees treated with salicylic acid at 30 ppm promote inflorescence differentiation (29.09% and 28.04% respectively), although syconium growth is faster with girdling. The low dose and the control had the same tendency in the formation of reproductive buds.

Keywords: inflorescence differentiation, fig tree, girdling.

INTRODUCCIÓN

El proceso de diferenciación de las inflorescencias en higo ocurre secuencialmente debido a que el fruto (sicono) está compuesto por miles de floretes, empezando de los nudos más bajos, que generan los primeros frutos, y progresivamente hacia los de más arriba en las ramas (Ikegami *et al.*, 2013). De acuerdo con Ikegami *et al.* (2013), la diferenciación de la inflorescencia se es mayor con días largos y pocos entrenudos, y está estrechamente relacionado con la expresión del gen *FLOWERING LOCUS FT-like* a través de la producción de los aminoácidos triptofano y glicina. En el látex del higo existen otras proteínas con actividad enzimática (ficinas) reguladas también por la relación de aminoácidos cisteína/serina (Baeytens-Volant *et al.*, 2015). Dentro de los factores que detienen la diferenciación de las inflorescencias es el frío, ya que dependiendo de los cultivares (bajo o alto requerimiento de frío) las induce a la dormancia (Oukabli y Mekaoui, 2012). Desde el punto de vista agronómico, el riego es uno de los factores que permiten controlar el número de entrenudos y la longitud de las ramas, donde a mayor lámina de riego mayor es la longitud de las ramas (Andrade *et al.*, 2014).

De acuerdo con un estudio realizado por tipo de cultivar, Gaaliche *et al.* (2011) registraron porcentajes de amarre de brevas de 43-57%, mientras que en higos fue de 51-88%, y observando una correlación negativa entre producción de brevas e higos al igual que ocurre entre la longitud de las ramas y la producción de higo. Estos mismos autores señalan que el nitrógeno y el ácido giberélico previenen la caída de frutos en sus primeras etapas de desarrollo. Al respecto, Rosianski *et al.* (2016) encontraron que en las sustancias como el ácido giberélico 1 y 8 y el ácido abscisico están presentes durante el crecimiento del fruto, siendo éste último el responsable de la maduración del sicono.

Para asegurar el amarre de fruto se han realizado prácticas como uso de sustancias

fisiológicamente activas como el ácido salicílico, que son precursoras de hormonas como las giberelinas y las citocininas (Ibrahim *et al.*, 2019). De acuerdo con una revisión realizada por Filgueiras *et al.* (2019), el ácido salicílico cambia el balance de aminoácidos e induce la producción de elicitors que ayudan a aliviar el estrés biótico y abiótico incrementando la producción. Algunas prácticas agronómicas como el anillado también ayudan al amarre de frutos y su tamaño (Moyano *et al.*, 2010). Con estos antecedentes y basados en la respuesta de la higuera en campo, se planteó como objetivo inducir la diferenciación y amarre de inflorescencias a través del uso de ácido salicílico y anillado en condiciones de campo abierto.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se llevó a cabo en el “Rancho La Victoria”, Parras, Coahuila (25°35'54" LN y 101°55'35" LO) en higueras de un año de edad de la variedad “Black mission” propagada por vareta. Los tratamientos utilizados fueron las dosis 15 ppm y 30 ppm de ácido salicílico reactivo analítico (99.9 % pureza, PM=138.12) disueltos en 40 mL de alcohol etílico antes de mezclarlo con agua y adherente (alcohol graso etoxilado 20.2% más polidimetilsiloxano 1%), anillado de tallos principales de 3-5 mm de ancho y un testigo sin aplicación de ácido salicílico y sin anillar. Se usaron diez repeticiones considerando una higuera como unidad experimental utilizando un diseño de bloques completos con tratamientos aleatorizados. Las higueras presentaban crecimiento vegetativo inducido por exceso de humedad. Las variables registradas fueron el diámetro medio de las ramas (cm) y su longitud (cm) medida del punto de poda de formación o despunte, número de yemas vegetativas, número de yemas reproductivas, total de yemas y porcentaje de diferenciación (porcentaje de yemas vegetativas con respecto al total de yemas por rama). Se hizo un análisis de varianza para detectar diferencias estadísticas y



una prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para separar medias de los tratamientos usando el software estadístico SAS/STAT V9.3 para Windows (SAS Institute Inc., 2002-2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La longitud inicial de las ramas fue similar entre las higueras tratadas como se indica en el Cuadro 1, no obstante, si se tuvieron diferencias en su diámetro siendo ramas más delgadas en las higueras del testigo en comparación con las

higueras anilladas y con aplicación de ácido salicílico (Cuadro 1). Esto es importante resaltarlo en un inicio porque indica diferencias en el vigor de las plantas, sin embargo, al momento de iniciar los tratamientos no se observaron diferencias estadísticas significativas en el número total de yemas por rama (Cuadro 1).

Cuadro 1. Vigor inicial de las higueras (longitud de rama y diámetro medio de la rama) y número total de yemas al final de la evaluación.

Tratamiento	Longitud de rama	Diámetro medio de rama cm	Número total de yemas por rama
AS 30 ppm	80.29a [†]	1.919a	23.70a
AS 15 ppm	76.13a	1.13ab	23.10a
Anillado	82.59a	1.13ab	23.30a
Testigo	71.60a	1.06b	21.80a
DMS	15.53	0.11	4.03
CV	16.60	8.69	14.59
ANOVA	ns	*	ns

†: Medias con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales; AS: ácido salicílico; DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación; ANOVA: análisis de varianza.

Ese mismo patón se registró en el número de yemas vegetativas y reproductivas al día 0 de la evaluación (Figura 1a y 1b); la Figura 1a muestra que la dinámica de formación de yemas vegetativas fue disminuyendo como ocurre naturalmente pues hay diferenciación reproductiva, prácticamente en cada fecha no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Hasta cierto punto esto es normal, no obstante, se ha señalado que en los primeros tres nudos las yemas permanezcan dormantes pero el resto debe producir siconos en cada axila a lo largo de una rama (Valdeyron y Lloyd, 1979), mostrando que hay una condición que mantiene las yemas dormantes. A ello, debe sumarse el componente genético, ya que la expresión de ciertos genes que determinan la diferenciación floral dependen de un conjunto específico de aminoácidos como se ha mostrado recientemente (Ma *et al.*, 2020).

La tendencia en la cantidad de yemas reproductivas fue a incrementarse como se indica en la Figura 1b, donde también en el

primer conteo de yemas no se tuvieron diferencias estadísticas significativas, y es indicador de que las higueras iniciaron en condiciones similares. A los 7 días de iniciados los tratamientos ya se tenían diferencias significativas entre los tratamientos, pues el anillado y el AS a 30 ppm presentaron valores de 2.6 y 2.16 yemas reproductivas respectivamente mayores a los registrados con la dosis baja y el testigo que tuvieron valores similares (1.13 y 0.76). En la siguiente fecha de evaluación (14 días), continuó ésta misma tendencia, siendo superiores la dosis alta de AS y el anillado (4.90 y 4.93 respectivamente) en comparación con la dosis baja de AS y el testigo (2.93 y 2.90 respectivamente). Es probable que se necesite mayor concentración de AS para inducir la diferenciación, ya que algunos investigadores han aplicado hasta 200 ppm (Ibrahim *et al.*, 2019). En otros frutales como el manzano también se observado un incremento de la floración por efecto de las aplicaciones de AS a una concentración de 4 mM (Shah *et al.*, 2021).



A los 21 días no se observaron diferencias estadísticas significativas, aunque es importante resaltar que en higueras anillas se mantuvo el incremento en el número de yemas reproductivas, contrario a lo que ocurrió con el AS a 30 ppm. En la última fecha de evaluación, en higueras anilladas hubo una disminución en la cantidad de yemas reproductivas (6.40), aunque tuvo un valor estadísticamente similar al AS con 30 ppm (6.83), los valores más bajos se tuvieron con el AS a 15 ppm (2.36) y el testigo (4.59) que fueron estadísticamente iguales ($\alpha \leq 0.0001$). Un factor que pudo haber atenuado el efecto del ácido salicílico en ésta prueba es el pH de la mezcla aplica, ya que como lo señalan Khurana y Cleland (1992) a menor pH (pH=4) el AS se absorbe en mayor cantidad y su efecto se incrementa.

Las variaciones en la cantidad de yemas reproductivas en las dos últimas fechas muestreadas (Figura 1b) se debe a la caída de las mismas debido probablemente a condiciones hormonales inducidas por las variaciones del clima local. Esto es importante porque el sicono contiene gran cantidad de otras sustancias que protegen del estrés biótico y abiótico (Teruel-Andreu *et al.*, 2021), y que pueden cambiar el crecimiento reproductivo y maduración de frutos (Puech *et al.*, 1976).

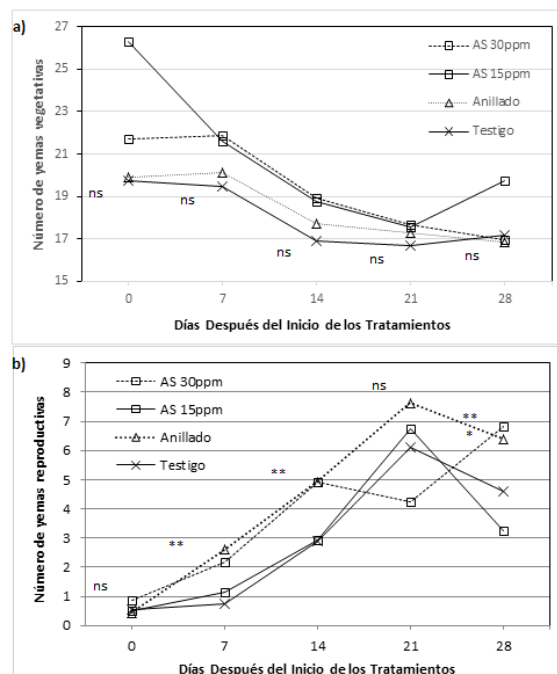


Figura 1. Dinámica de yemas vegetativas y reproductivas en higueras (Black mission) de un año de edad en Parras, Coahuila.

La tendencia de la diferenciación de inflorescencias (siconos) se fue incrementando con el tiempo, no obstante, hubo caída de estas estructuras a los 28 días como se observa en el Figura 2. El amarre de siconos se mantuvo en mayor porcentaje en higueras anilladas (28.04%) y en higueras tratadas con AS a 30 ppm (29.09%) como se ha registrado en otras especies (Moyano *et al.*, 2010), excepto a los 21 días pues hubo caída de dichas estructuras para éste último tratamiento (Figura 2). Lo cual es un porcentaje bajo en comparación con investigaciones previas para otros cultivares que alcanzan hasta 88% de amarre de inflorescencias (Gaaliche *et al.*, 2011). Esto es más notorio en las higueras testigo (sin aplicación de AS y sin anillado) e higueras tratadas con AS a 15 ppm, las cuales siguieron el mismo patrón de amarre de inflorescencias durante el periodo evaluado (Figura 2), cuyos valores al final fueron de 21.01% y 13.41% respectivamente. Es necesario analizar sustancias como carbohidratos, proteínas y aminoácidos para detectar condiciones de

dormancia en las yemas, pues es posible que algún factor abiótico favorezca dicha condición en las higueras como ocurre de manera natural en la temporada invernal (Sedaghat *et al.*, 2021). Una diferencia importante entre el tratamiento con anillado y la dosis alta de AS (30 ppm) fue la rapidez con la que se dio la diferenciación floral, pues en higueras anilladas las yemas reproductivas amarradas iniciaron el crecimiento del sicono a los 7 días, mientras que en con el AS solo se mantuvieron diferenciadas y a los 21 días de iniciado el tratamiento hubo caída de éstas estructuras reproductivas (Figura 2).

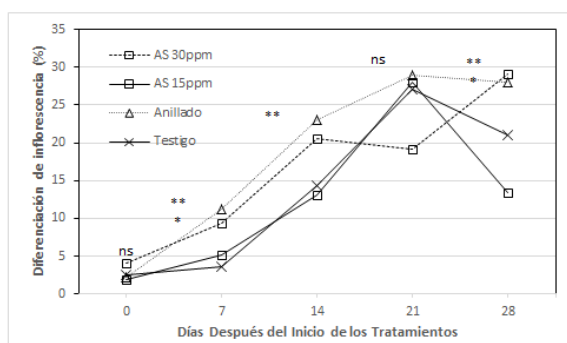


Figura 2. Diferenciación de inflorescencias con ácido salicílico (15 y 30 ppm) y anillado en higueras “Black mission” de un año de edad.

En la Figura 3 se muestran los siconos amarrados en los tratamientos, donde es posible apreciar el efecto de anillado en la planta, el cual se manifestó haciendo amarillentas las hojas con bordes morados y ramas muy alargadas por el exceso de humedad en el suelo tuvieron deshidratación temporal. Esto significa que el xilema en las higueras no provee la mayor cantidad de agua que transpira la planta, por lo que es un tópico pendiente de abordar para entender el requerimiento hídrico y nutricional de la higuera.



Figura 3. Crecimiento de yemas vegetativas y reproductivas en higueras “Black mission” con inducción de diferenciación de inflorescencias.

Es recomendable realizar un manejo de la floración más apropiado para asegurar la diferenciación y amarre de higos en la higuera con base en el comportamiento hormonal de variedades partenocápicas, pues como señalan Lodhi *et al* (1968), y a diferencia de otros frutales, estos frutos presentan un alto contenido de giberelinas en sus primeras etapas de crecimiento y están presentes en menor concentración en las siguientes fases de crecimiento del fruto.

CONCLUSIONES

La diferenciación de inflorescencias en higueras “Black mission” es posible mediante anillado de ramas principales. La aspersión de ácido salicílico a dosis de 30 ppm promueve la diferenciación de yemas reproductivas pero su crecimiento es lento en comparación con higueras anilladas.

Es recomendable el uso de del anillado y su combinación con otras sustancias que promuevan la diferenciación de inflorescencias y amarren los siconos para asegurar la producción de higos.

LITERATURA CITADA

Andrade I. P. de S., De Carvalho D. F., de Almeida W., Gonçalves S. J. B. & Da Silva L. D. B. 2014. Water requirement and yield of tres under defferent drip

- irrigation management. Engenharia agrícola 34(1), 17-27. En línea: <https://www.scielo.br/j/eagri/i/2014.v34n1/>
- Baeytens-Volant D., Matagne A., El Mahyaoui R., Wattiez R. & Azarkan M. 2015. A novel form of ficin from *Ficus carica* latex: purification and characterization. *Phytochemistry* 117, 154-167. doi: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2015.05.019>
- Figueiras C. C., Martins A. D., Pereira R. V. & Willett D. S. 2019. The ecology of salicylic acid signaling: primary, secondary and tertiary effects with applications in agricultura. *International Journal of Molecular Sciences* 20(23), 5851. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms20235851>
- Gaaliche B., Lauri P., Trad M., Costes E. & Mars M. 2011. Interactions between vegetative and generative growth and between crop generations in fig tree (*Ficus carica* L.). *Scientia Horticulturae* 131, 22-28. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.09.022>
- Ibrahim H. I. M., Kamal A. M., Akl A. & Ibrahim A. A. 2019. Effect of spraying salicylic acid on growth and fruiting of Sultani fig trees. *Mania Journal of Agricultural Research & Development* 39(1), 133-150. En línea: [https://www.minia.edu.eg/agr/Files/journal/Vol.%20\(39\),%20No.%201,%20pp.%20133-150,%202019.pdf](https://www.minia.edu.eg/agr/Files/journal/Vol.%20(39),%20No.%201,%20pp.%20133-150,%202019.pdf)
- Ikegami H., Nogata H., Inoue Y., Himeno S., Yakuhiji H., Hirata C., Hirashima K., Mori M., Awamura M., & Nakahara T. 2013. Expression of *FcFT1*, a *FLOWERING LOCUS T*-like gene, is regulated by light associated with inflorescence differentiation in fig (*Ficus carica* L.). *MBC Plant Biology* 13, 216. doi: <https://doi.org/10.1186/1471-2229-13-216>
- Khurana J. P., Cleland C. F. 1992. Role of salicylic acid and benzoic acid in flowering of a photoperiod-sensitive strain, *Lemna paucicostata* LP6. *Plant Physiology* 100(3), 1541-1546. doi: <https://doi.org/10.1104/pp.100.3.1541>
- Lodhi F., Bradley M. V., Crane J. C. 1968. Auxins and gibberellin-like substances in parthenocarpic and non-parthenocarpic syconia of *Ficus carica* L., CV. King. *Plant Physiology* 44(4), 555-561. doi: <https://doi.org/10.1104/pp.44.4.555>
- Ma N., An Y., Li J., Wang L. 2020. Cloning and characterization of a homologue of the *FLORICAULA/LEAF* gene in *Ficus carica* L., *FcLFY*, and its role in flower bud differentiation. *Scientia Horticulturae* 261, 109014. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.10.9014>
- Moyano M. I., Flores P., Seta S., Leone A. & Severin C. 2010. Efecto de diferentes prácticas culturales sobre la producción, calidad y maduración de frutos de duraznero cv. Early Grande. *Ciencias Agronómicas* 17(11), 7-11. En línea: <https://cienciasagronomicas.unr.edu.ar/journal/index.php/agronom/article/view/8/14>
- Oukabli A. & Mekaoui A. 2012. Dormancy of fig cultivated under Moroccan conditions. *American Journal of Plant Sciences* 3, 473-479. doi: 10.4236/ajps.2012.34056
- Puech A. A., Rebeiz C. A., Crane J. C. 1976. Pigment changes associated with application of thephon ((2-chloroethyl)phosphonic acid) to fig (*Ficus carica* L.) fruits. *Plant Physiology* 57(4), 504-509. doi: <https://doi.org/10.1104/pp.57.4.504>
- Shah K., An N., Kamanova S., Chen L., Jia P., Zhang C., Yahir M. M., Han M., Ding Y., Ren X. & Xing L. 2021. Regulation of flowering time by improving leaf health



- markers and expansion by salicylic acid treatment: a new approach to induce flowering in *Malus domestica*. *Frontiers in Plant Science* 12, 655974. doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.655974>
- Rosianski Y., Doron-Faigenboim A., Freiman Z. E., Lama K., Milo-Cochavi S., Dahan Y., Kerem Z. & Fraishman M. A. 2016. Tissue-specific transcriptome and hormonal regulation of pollinated and parthenocarpic fig (*Ficus carica* L.) fruit suggest that fruit ripening is coordinate by the reproductive part of the syconium. *Frontiers in Plant Science* 7, 1696. doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01696>
- SAS Institute Inc. (2002-2010). SAS/STAT para Windows versión 9.3. Cary, N. C., USA.
- Sedaghat S., Gaaliche B., Rahemi M., Zare M., Jafari M. 2021. Enzymatic activity physico-chemical of terminal bud in rain-fed fig (*Ficus carica* L. 'Sabz') during dormant season. *Horticultural Plant Journal* 6. doi: <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2021.03.010>
- Teruel-Andreu C., Andreu-Coll L., López-Lluch D., Sendra E., Hernández F., Cano-Mamadril M. 2021. *Ficus carica* fruits, by-products and based products as potential sources of bioactive compounds: a review. *Agronomy* 11(9), 1834. doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy11091834>
- Valderoyd G., Lloyd D. G. 1979. Sex differences and flowering phenology in the common fig, *Ficus carica* L. *Evolution* 33(2), 673-685. doi: <https://doi.org/10.2307/2407790>