

Efecto del ácido naftalenacético y de diferentes sustratos sobre el enraizamiento de acodos aéreos del guayabo (*Psidium guajava* L.)

Effect of naphthalene acetic acid and different substrata on the rooting of air layering in guava (*Psidium guajava* L.)

M. Ramírez-Villalobos¹ y A. Urdaneta-Fernández¹

¹Departamento de Botánica. Facultad de Agronomía. LUZ. Apartado 15205. Maracaibo, Zulia 4005. Venezuela.

Resumen

Con la finalidad de mejorar el enraizamiento del guayabo se realizaron dos experimentos en acodos aéreos. En el primero se evaluó el efecto del ácido naftalenacético (ANA) a 0, 2000, 4000, 6000 y 8000 mg.kg⁻¹; y en el segundo el efecto del tipo de sustrato y de la aplicación de ANA (0 y 4000 mg.kg⁻¹) en las ramas. Los sustratos fueron abono de río sólo (AR), AR + cachaza de caña de azúcar (AC), y AR + humus de lombriz (AH), éstos últimos en proporciones iguales y 4:1, respectivamente. A las siete semanas, el experimento uno arrojó que ANA a 4000 mg.kg⁻¹ registró un 100% de acodos enraizados (AE) con 10,5 raíces/acodo y 6,69 cm de longitud de la raíz más larga. En el experimento dos, los sustratos AC, AH y AR registraron 92, 96 y 100% de AE al tratar las ramas con 4000 mg.kg⁻¹ ANA. Se concluye que 4000 mg.kg⁻¹ de ANA permitió la máxima respuesta de enraizamiento con los sustratos estudiados, los cuales tuvieron una respuesta semejante.

Palabras clave: acodo, auxina, sustrato, enraizamiento, *Psidium guajava*.

Abstract

Two experiments were done in aerial layering with the aim of improving rooting in guava. In the first experiment, was evaluated the effect of naphthalene acetic acid (ANA) at 0, 2000, 4000, 6000 and 8000 mg.kg⁻¹; and in the second the effect of substratum type and ANA application (0 y 4000 mg.kg⁻¹). The substrata corresponding to organic river matter (OR), OR + sugar cane by product (OS), and OR + earthworm humus (OE). OS and OH in a 4:1 proportion,

Recibido el 6-7-2004 • Aceptado el 15-9-2004

Autores para correspondencia correo electrónico: mcramire@cantv.net; mcramire@luz.edu.ve

respectively. After seven weeks, in the first experiment, ANA at 4000 mg.kg⁻¹ was registered 100% of rooted aerial layering (RA) with 10.5 roots/air-layering and 6,69 cm of the longest root length. In the second, the OS, OE and OR showed 92, 96 and 100% RA in branches treated with 4000 mg.kg⁻¹ ANA. It was concluded that ANA at 4000 mg.kg⁻¹ allowed a high rooted aerial layering with the studied substrata, which had a similar response.

Keys words: air-layering, auxin, substratum, rooting, *Psidium guajava*.

Introducción

En Venezuela, el guayabo se cultiva básicamente por su gran adaptabilidad, bajos costos de producción y diversidad de usos, entre los cuales se puede destacar, el consumo fresco de la fruta que se caracteriza por su alto valor nutritivo, que constituye una fuente óptima de vitamina C, A, B3, fibra, proteínas, grasas, azúcares, calcio, hierro y fósforo; y además de la diversidad de usos como la obtención del jugo y productos procesados (3).

La propagación vegetativa asegura el establecimiento y la perpetuación de clones, aspecto de gran importancia en las plantas cultivadas, especialmente en especies frutales (3). El acodo aéreo es un método factible, sencillo y accesible tanto a productores como a viveristas, que permite producir en corto tiempo ejemplares grandes y en buenas condiciones.

La formación de raíces puede ser estimulada por varios tratamientos aplicados al tallo tales como heridas, estrangulamiento o eliminación de un anillo de corteza en la rama, éstas técnicas ocasionan la interrupción de la translocación hacia abajo de materiales orgánicos, carbohidratos, auxinas y otros factores de crecimiento, condición que favorece el enraizamiento de la rama aún unida a la planta. Existen

otros aspectos que favorecen el proceso, entre ellos: la ausencia de luz en la zona donde se formarán las raíces, la aplicación de reguladores del crecimiento tipo auxínico: ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA) y la utilización de un sustrato que permita una humedad continua y temperatura moderada (5).

La aplicación de auxinas en especies de difícil enraizamiento, como el guayabo, es una práctica viable y decisiva para la formación de raíces, debido a que permite aumentar el número de estacas con raíces, adelantar la iniciación radical, incrementar el número y la calidad de las raíces, y además de proporcionar mayor uniformidad de enraizamiento (2).

En México, el éxito de enraizamiento de acodos aéreos de guayabo (100%) se ha logrado con 5000 mg.kg⁻¹ de AIB (6). En Venezuela, Vilchez *et al.* (11) señalaron que la aplicación de 5000 mg.kg⁻¹ de ANA en combinación con el sustrato abono de río más espuma fenólica incrementó la cantidad y longitud de las raíces.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la concentración del ácido naftalenacético y del tipo de sustrato sobre el enraizamiento de acodos aéreos del guayabo.

Materiales y métodos

Las plantas de guayabo de seis años de edad se encontraban ubicadas en el Centro de Investigación del Agua (CIA) de la Universidad del Zulia. Se seleccionaron 25 árboles de copa homogénea, en cada uno de los cuales se marcaron cinco ramas de 1 cm de diámetro y 40 cm de longitud aproximadamente, para efectuarles la técnica del acodo aéreo que consistió en separar un anillo de la corteza (2-3 cm) a unos 5 cm de la base de la rama (zona lignificada). En la parte superior del anillado se aplicó 0,5 ml de ANA, en forma de pasta (petrolato 100%); luego, se colocó el sustrato cubriendo con polietileno transparente y finalmente se amarró firmemente en los extremos con cordel.

Experimento 1. Se evaluó la concentración de ANA a 0, 2000, 4000, 6000 y 8000 mg.kg⁻¹. El sustrato empleado fue abono de río (AR).

Experimento 2. Se evaluaron los sustratos AR + cachaza de caña de azúcar (AC) y AR + humus de lombriz (AH) en proporciones iguales y 4:1, respectivamente. Los sustratos se combinaron con o sin la aplicación de ANA (4000 mg.kg⁻¹) en las ramas. Estos tratamientos se compararon con el testigo: ANA (4000 mg.kg⁻¹) y AR.

El diseño experimental fue en bloques al azar con 25 repeticiones y una rama como unidad experimental. A las siete semanas se registraron: porcentaje de acodos enraizados (PAE), número de raíces por acodo y longitud de la raíz más larga, las dos últimas variables fueron analizadas con el SAS (9), mientras que PAE se expresó mediante relaciones porcentuales en cada tratamiento. Cuando se encontraron efectos significativos se aplicó la prueba de tukey.

Resultados y discusión

Experimento 1. A las siete semanas se logró un 100% de acodos enraizados cuando éstos fueron tratados con ANA a 4000 mg.kg⁻¹ (cuadro 1). El porcentaje de acodos enraizados descendió en la medida que la concentración de ANA se incrementó por encima de los 4000 mg.kg⁻¹. Esto último podría asociarse a un efecto tóxico de la auxina a esas concentraciones (1, 5).

Se tiene que las respuestas que se producen tras la aplicación de auxinas a las plantas dependen de la concentración de la hormona, así como

del tipo de órgano tratado. Numerosos estudios sobre transporte polar indican que la velocidad de transporte depende de las características inherentes a la planta, tales como: especie, tipo de tejido, edad, estado de desarrollo, entre otros, mientras que la intensidad depende, además de factores metodológicos como la longitud de las secciones o la concentración de la hormona aplicada (1).

La alta respuesta de enraizamiento obtenida se relaciona a que las auxinas participan en la división de las primeras células iniciadoras de la raíz

Cuadro 1. Efecto del ácido naftalenacético en el porcentaje de acodos enraizados, número de raíces y longitud de la raíz más larga en guayabo, a las siete semanas.

Acido naftalenacético (mg.kg ⁻¹)	Porcentaje de acodos enraizados	Número de raíces por acodo*	Longitud de la raíz más larga (cm)*
0	28	0,69 ^d	0,90 ^d
2000	44	2,25 ^c	1,35 ^c
4000	100	10,50 ^a	6,69 ^a
6000	72	5,16 ^b	3,42 ^b
8000	48	0,58 ^d	1,29 ^c

*Medias con letras distintas difieren significativamente (P<0,05).

(5), promueven el transporte de carbohidratos a la zona de enraizamiento, influyen en la actividad de las enzimas involucradas con el metabolismo de los carbohidratos e intervienen en la iniciación de la síntesis de ADN y en la transcripción del ARN (7).

Los resultados superan a los obtenidos por otros investigadores, quienes obtuvieron 80% de enraizamiento con 5000 mg.kg⁻¹ de ANA (11), y 75,42% con 10000 mg.kg⁻¹ de AIB (10). Otros trabajos registraron un 100% de éxito cuando las ramas fueron previamente ahiladas o blanqueadas, en la base o en forma total, y luego tratadas con 3000 y 5000 mg.kg⁻¹ de AIB (4).

El efecto de la concentración de ANA produjo diferencias significativas (P<0,05) en el número de raíces por acodo y la longitud de la raíz más larga (cuadro 1). En ambas variables, la aplicación de 4000 mg.kg⁻¹ permitió obtener los valores más altos: 10,5 raíces y 6,69 cm, respectivamente. Al igual que en el porcentaje de acodos enraizados éstas tendieron a dismi-

nuir por encima de 4000 mg.kg⁻¹ de ANA, posiblemente por lo mencionado anteriormente. En la figura 1 se aprecia que las raíces de los acodos de guayabo se caracterizaron por ser gruesas (2 a 3 mm), blancas y poco ramificadas.

El número de raíces producidas por acodo pudo ser un producto de la cantidad de auxinas en la zona de regeneración, dado a que en la mayoría de las plantas existe una correlación entre las auxinas endógenas y la respuesta de enraizamiento. Esta respuesta tiende a incrementarse cuando se efectúa la aplicación de auxinas, debido a que están implicadas en muchos procesos del desarrollo vegetal porque afectan la división, el crecimiento y la diferenciación de las células que promueven la iniciación de las raíces, incrementan su número y la calidad de las mismas, aumentan la uniformidad del enraizamiento y reducen el tiempo requerido para el proceso (5, 8).

Experimento 2. Los sustratos empleados presentaron un comporta-

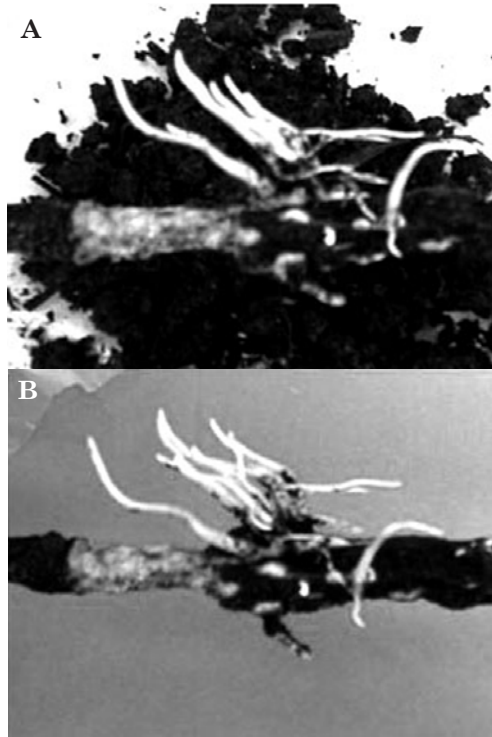


Figura 1. Características de las raíces de acodos de guayabo tratados con ácido naftalenacético a 4000 mg kg^{-1} y abono de río. A) Acodo enraizado con el sustrato. B) Nótese la apariencia de las raíces: blancas, gruesas (2-3 mm) y poco ramificadas.

miento semejante en el porcentaje de acodos enraizados (cuadro 2). La aplicación de la auxina incrementó la respuesta de enraizamiento en cada sustrato, encontrándose un 92% y 96% en AC y AH respectivamente, valores que fueron semejantes al del testigo (100%). El análisis estadístico arrojó diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos en cuanto al número de raíces por acodo y en la longitud de la raíz más larga. En la primera variable, la aplicación de

ANA con los sustratos AR, AC y AH permitió los máximos valores, y en la segunda el tratamiento con ANA y AR alcanzó la mayor longitud (85,96 cm), seguido del ANA con el AC (4,02 cm) o AH (3,93 cm).

Estos resultados son análogos a los obtenidos en otra investigación, donde el ANA a concentración de 4000 mg kg^{-1} presentó la mayor cantidad de acodos enraizados, número de raíces por acodo y la máxima longitud de la raíz (11).

Cuadro 2. Efecto del tipo de sustrato y de la aplicación de ácido naftalenacético en el porcentaje de acodos enraizados, número de raíces por acodo y longitud de la raíz más larga en el guayabo, a las siete semanas.

Sustrato	Ácido naftalenacético (mg kg ⁻¹)	Porcentaje de acodos enraizados	Número de raíces por acodo**	Longitud de la raíz más larga (cm)**
AR*	4000*	100	9,04a	5,96a
AC	0	48	1,92c	0,99c
AC	4000	92	8,79a	4,02b
AH	0	52	2,96b	1,07c
AH	4000	96	8,98a	3,93b

*Testigo. AR: Abono de río. AC: AR + cachaza de caña de azúcar en proporciones iguales. AH: AR + humus de lombriz en proporción 4:1. **Medias con letras distintas difieren significativamente (P<0,05).

Conclusiones

El mejor tratamiento para el enraizamiento de acodos aéreos en guayabo fue la aplicación de 4000 mg.kg⁻¹ de ácido naftalenacético por que permitió los máximos valores de porcentaje de acodos enraizados, número de raíces por acodo y longitud de la raíz más larga, a las 7 semanas.

Los sustratos abono de río solo,

abono de río + cachaza de caña de azúcar, y abono de río + humus de lombriz, éstos últimos en proporciones iguales y 4:1, respectivamente, presentaron un comportamiento semejante - máxima respuesta- en el porcentaje de acodos enraizados y número de raíces por acodo, cuando las ramas fueron tratadas con 4000 mg.kg⁻¹ de ANA

Agradecimiento

Los autores desean expresar su agradecimiento al Proyecto "Propagación de especies de interés frutícola y ornamental" registrado en el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES) de la Universidad del Zulia (LUZ) como no fi-

nanciado bajo el N° 0637-02. Al Centro de Investigación del Agua (CIA) de LUZ. Al Centro Frutícola del estado Zulia-CORPOZULIA. Al (FONACIT No. F-2001001117, S1-2000000795). Al Vivero de la Facultad de Agronomía de LUZ.

Literatura citada

1. Acosta E., M.J. Sánchez B. y M. Bañón A. 2000. Auxinas. En: p. 305-323. Azcón, J. y M. Bieto (Eds). Fundamentos de fisiología vegetal. Primera Edición. McGraw-Hill/ Interamericana de España, S. A. U. Edicions Universitat de Barcelona.
2. Bacarín, M., M. Benincasa, V. Andrade y F. Ferreira. 1994. Enraizamiento de estacas aéreas de goiabeira (*Psidium guajava* L.): efeito do ácido indolbutírico sobre a iniciacao radicular. Revista Científica, Sao Pablo 22: 71-79.
3. Calderón, G. 1992. El cultivo de la guayaba. Fruticultura Tropical. Federación Nacional de Cafetaleros de Colombia. Tercera Edición Colombia. 303 p.
4. Dutta, P. y S. Mitra. 1991. Effect of etiolation on stooling of guava. Indian Agriculturist 35: 101-105.
5. Hartmann, H. y D. Kester. 2001. Propagación de Plantas. Principios y Prácticas. Octava Reimpresión. Editorial Continental. México. 760 p.
6. Mata, I. y A. Rodríguez. 1990. Cultivo y producción del guayabo. Editorial Trillas. México. 160 p.
7. Norcini, J.G., C.W. Heuser y R.H. Hamilton. 1985. Changes in free and conjugated indole-3-acetic acid during initiation and early development of adventitious roots in mung bean. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110: 528-533.
8. Sadhu, M. K. 1989. Plant propagation. Wiley Eastern Limited. India. 287 p.
9. SAS, Institute, INC. 1989. SAS (Statistical Analysis System) the Institute INC, Cary, NC, USA.
10. Sharma, R., T. Sharma y R. Sharma. 1991. Influence of regulators and de time of operations rootage of air layering in guava (*Psidium guajava* L.) cv. Allahabad Safeda. Rissa Journal of Horticultrual 19: 41-45.
11. Vilchez, J., N. Albano, J. Gadea, Z. Viloría y C. Castro. 1996. Propagación asexual de *Psidium guajava* L. mediante la técnica de acodo aéreo. En: 4-24. Viloría, Z. (Ed.). Aplicación de algunas técnicas de multiplicación en *Psidium guajava* L. Trabajo de Ascenso. Facultad de Agronomía. la Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.