

INDUCCIÓN DEL CRECIMIENTO EN ESTACAS DE MORERA (*Morus alba*), CON ÁCIDO INDOL BUTÍRICO (AIB)¹

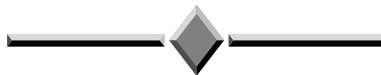
Carlos Boschini², Ana María Rodríguez²

RESUMEN

Inducción del crecimiento en estacas de morera (*Morus alba*), con ácido indol butírico (AIB). El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental de Ganado Lechero "Alfredo Volio Mata" de la Universidad de Costa Rica. La semilla vegetativa se extrajo de una plantación establecida y sometida a cosecha intensiva a intervalos de 56 a 112 días durante cuatro años. Las ramas seleccionadas fueron divididas en tres secciones, extrayéndose una estaca típica de 40 cm de largo, con al menos tres yemas, en las secciones basal, medial y apical de cada rama. El mayor porcentaje de brotes, en un periodo de 35 días, se observó en las ramas de 112 días de edad, siendo un 9% foliares, 12% radiculares y 31% en ambos extremos. Se estimó que la edad óptima de la rama para lograrse la máxima brotación total fue a los 117 días. Las estacas extraídas de la parte basal y medial de la rama mostraron un 10% más de brotes foliar y radicular que en la estaca proveniente de la parte apical. La estimulación con AIB sobre la brotación total de yemas y raíces mostró diferencias apreciables ($P \leq 0,01$) entre la aplicación y no aplicación de AIB. Dependiendo de la edad de la estaca y el lugar de extracción de la rama, el uso de AIB estimuló entre 11 y 15% la brotación total de las estacas.

ABSTRACT

The stimulation of rooting in mulberry (*Morus alba*) with indol butiric acid (IBA). The experiment was conducted at the "Alfredo Volio Mata" Experiment Station of the University of Costa Rica. The asexual seed was extracted from an established plantation that was harvested during four years with pruning intervals of 56-112 days. The selected branches were divided into three cuttings, 40 cm long with at least three buds in the basal, medial and apical parts of each branch. The highest percentage of rooting and sprouting in a 35-day period was observed in the 112 day-old cuttings: 9% sprouts, 12% roots and 31% with both sprouts and roots. The optimum age of the branch to obtain maximum sprouting and rooting was estimated at 117 days. The cuttings taken from the basal and medial portions of the branch had 10% more sprouts and roots than the cuttings taken from the apical part. There were noticeable differences between the application or not of IBA ($P \leq 0.01$). Depending on the age of the cutting and the part of the branch it was taken from, the use of IBA caused an 11 to 15% increase in total sprouting.



INTRODUCCIÓN

En Centroamérica se viene usando el follaje de morera en forma creciente, cultivado en bancos forrajeros, para la suplementación alimenticia del ganado bovino y caprino. El método de propagación es asexual, con material vegetativo estandarizado en estacas de 40-50 cm de largo con al menos cuatro yemas, de 1 a 1,5 cm de grosor, extraídas de las ramas maduras (mayores de 120 días de edad), con un corte transversal limpio en

ambos extremos. Se recomiendan densidades de siembra mayores a 20000 plantas por hectárea (Benavides *et al.* 1986, Boschini *et al.* 1998, Ting-Zing *et al.* 1988).

La reproducción vegetativa es una técnica sencilla, rápida, barata y además permite conservar la uniformidad genética de las plantas madres. Por lo general, la eficiencia del enraizamiento está afectada por la variedad, las condiciones ambientales prevalecientes, la nutrición de la planta madre, la edad del árbol generador

¹ Recibido para publicación el 28 de junio del 2001. Proyecto 737- 99-307, Inscrito en Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica.

² Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica.

y la parte de la planta seleccionada (Hartmann *et al.* 1990). Se prefiere establecer la plantación al inicio del periodo lluvioso, para garantizar un largo periodo natural de suministro de agua. Por lo general, todas las variedades probadas de morera tienen una alta capacidad de regeneración de tejidos, por lo que la variedad parece no constituir una limitación; sin embargo, dentro de una misma variedad, bajo las mismas condiciones ambientales, el poder de enraizamiento decrece al incrementar la edad del árbol y el tiempo de respuesta es variable según sea la parte de la planta seleccionada para extraer la estaca. Se espera que las ramas con mayor contenido de nutrientes van a enraizar más rápido, lo cual está relacionado con la fertilidad del suelo, la fertilización aplicada y el manejo de la plantación generadora de estacas (Hartmann *et al.* 1990). El medio ideal para la propagación asexual debe servir de anclaje firme y a la vez, suplir a la estaca el balance de aire y agua apropiado para el desarrollo del sistema radical. El terreno debe estar libre de organismos patógenos, de insectos y proveer un control intensivo de malezas durante el periodo de brotamiento radical y foliar. La aplicación de hormonas estimulantes del brotamiento es una práctica asociada a la reproducción asexual intensiva.

La experiencia de campo con resultados positivos y negativos, estableció la costumbre de seleccionar las estacas de morera siguiendo los criterios inicialmente mencionados, sin una evaluación sistemática. Este experimento se llevó a cabo con el propósito de conocer los efectos que tienen la edad de la rama y la parte de ella empleada para extraer semilla vegetativa, con estimulación hormonal en diferentes dosis, sobre el brotamiento radicular y foliar en un periodo breve.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental de Ganado Lechero "Alfredo Volio Mata" de la Universidad de Costa Rica; ubicada en el Alto de Ochomogo, Cartago; a 1542 msnm y con una precipitación media anual de 2050 mm, distribuida de mayo a noviembre. La temperatura media es de 19,5 °C y la humedad relativa media es de 84%. El suelo es de origen volcánico, clasificado como Typic Distrandepts (Vásquez 1982), que se caracteriza por una profundidad media, buen drenaje natural y fertilidad aceptable (7,7 cmol/l de calcio, 3,0 de magnesio y 1,54 de potasio, 10,0 mg/l de fósforo, 28,8 de cobre, 234 de hierro, 6,3 de manganeso, 2,6 de zinc y un pH de 5,9. Ecológicamente, la zona se tipifica como bosque húmedo montano bajo (Tosi, 1970, citado por Vásquez, 1982).

Una plantación de 8000 m², establecida en 1995, con una cosecha intensiva de biomasa en intervalos de 56 a 112 días durante cuatro años, fue empleada para la selección de semilla vegetativa. Se separaron tres lotes contiguos, los cuales recibieron una poda de uniformización a 84, 112 y 140 días, respectivamente, previos al momento de extracción de las estacas, a una altura de 60 cm sobre el nivel del suelo. Cada lote recibió una fertilización nitrogenada con un equivalente de 300 kg/ha/año (IFA 1992, Rodríguez *et al.* 1994), dos semanas después de la poda, cuando los rebrotes deseados alcanzaron de tres a cinco centímetros de largo.

Al cumplir las ramas rebrotadas una edad de 84, 112 y 140 días, se podaron todas las plantas de cada lote, se seleccionaron ramas con similar apariencia, vigor y largo. Cada rama fue dividida en tres secciones, extrayéndose una estaca típica de 40 cm de largo, con al menos tres yemas, en las secciones basal, medial y apical de cada rama. Las hojas fueron desprendidas de la rama protegiendo las yemas.

Una parcela de 500 m² fue arada y se distribuyeron cuatro toneladas de abono orgánico (residuos descompuesto de burucha con estiércol de ternero y de cabra). Este material fue incorporado con arado rotativo el año anterior a la siembra. Un mes antes de la siembra, el terreno fue nuevamente arado y pulverizado con arado rotativo y se formaron camas de 50 cm de ancho para la siembra de las estacas.

La siembra de las estacas se efectuó siguiendo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y tratamientos en arreglo factorial (3 x 3 x 4). Los tres factores estudiados fueron: edades de las estacas: 84, 112 y 140 días; ubicaciones de la estaca en la rama: basal, medial y apical; y concentraciones de ácido indol butírico (AIB): 0, 2500, 5000 y 7500 ppm, disuelta en una solución de 50% de alcohol etílico y 50% de agua. La parte basal de las estacas (2-3 cm) fueron sumergidas en la solución de AIB correspondiente. Cada tratamiento estuvo formado por 75 propágulos, distribuidos en cinco unidades de observación y muestreo semanal (7, 14, 21, 28 y 35 días post siembra) con 15 estacas cada una, sembradas con una separación de 20 cm equidistantes y 8-10 cm de profundidad. Se emplearon 10800 estacas. No se agregó al terreno ningún agroquímico antes o después de la siembra.

En cada unidad de observación semanal se evaluó el número de estacas con brotes radiculares y foliares. Se tomó como brote radicular aquella protuberancia basal de 0,5 o más cm de largo y brote foliar aquella yema desarrollada que alcanzó uno o más cm de largo. Con base en ello, se clasificaron en cuatro categorías:

estacas que mostraron únicamente brote radicular, estacas con presencia únicamente de brotes foliares, estacas con brotes radicales y foliares simultáneamente y estacas sin brotes radicales ni foliares. Las observaciones recolectadas fueron analizadas con el PROC GLM del paquete estadístico SAS Institute Inc. (1985). Las fuentes de variación que resultaron estadísticamente importantes se sometieron a la prueba de Duncan para obtener la respectiva separación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aparición media de los brotes radiculares y foliares en las estacas de morera, durante los primeros 35 días post siembra, presentados en forma separada por cada uno de los efectos principales: edad de las estacas, ubicación de la estaca en la rama y dosis de AIB aplicados, se observan en el Cuadro 1. El mayor porcentaje de brotes se observó en las ramas de 112 días de edad, distribuidos así: un 9% solamente foliares ($P \leq 0,05$), un 12% únicamente radiculares ($P \leq 0,05$) y 31% en ambos extremos ($p \leq 0,05$), para un total de 52% ($P \leq 0,01$). Las estacas con edades inferiores o superiores a 112 días, muestran 14 y 7% menor presencia de brotes totales, respectivamente. Se estimó que la edad de máxima brotación total se obtiene a los 117 días. Las estacas mostraron diferencias ($P \leq 0,05$) importantes según la posición que ocupaban a lo largo de la rama de donde fueron tomados. Las porciones basales y mediales presentaron un 12% más de brotación total sobre las por-

ciones apicales de la rama. Las estacas extraídas de la parte basal y medial de la rama mostraron un 10% más de brotes foliar y radicular que en la estaca proveniente de la parte apical. Las estacas extraídas de la parte apical de la rama muestran la tendencia a tener un 2-3% más de brotes solamente foliares y un 3-5% menos de brotes únicamente radiculares que las estacas cortadas en las posiciones basal y medial de la rama. El efecto de estimulación hormonal con AIB sobre la brotación total de yemas y raíces mostró diferencias apreciables ($P \leq 0,01$) entre la aplicación y no aplicación de AIB; sin embargo, no se observaron variaciones de importancia ($P \leq 0,05$) entre las concentraciones de hormona aplicada (2500 a 7500 ppm). La aplicación de AIB estimuló entre un 11 y 15% la brotación total de las estacas.

La capacidad de las estacas para mostrar brotes foliares y radiculares, según la edad y posiciones iniciales en la rama se presenta en el Cuadro 2. Se observa que las estacas extraídas de la parte basal y medial de la rama con 112 días ($P \leq 0,05$) tienen un valor máximo de 56% de brotes totales. Esa capacidad es de 44% y 48% en las estacas del mismo origen, pero con 84 y 140 días de edad.

Los resultados de la aplicación de AIB a las estacas con diferentes edades ($P \leq 0,05$) se observan en el Cuadro 3. Las de 84 y 112 días tienen una similar respuesta (38-40%) de brotamiento total con la dosis testigo (0 ppm) y de 56 % en las estacas de 112 días con cualquiera de las concentraciones probadas (2500 a 7500 ppm). En el Cuadro 4, se presentan los resultados

Cuadro 1. Brotamiento foliar y radicular de las estacas de morera en diferentes edades, alturas de extracción de la estaca en la rama y dosis de AIB aplicadas. El Alto de Ochomogo, Costa Rica.

Tratamientos	Sólo brote foliar (%)	Sólo brote radicular (%)	Brote foliar y radicular (%)	Sin ningún brote (%)	Brote total (%)
Edad de las estacas (días)					
84	7,78 ab	5,65 b	25,05	61,53 a	38,47
112	9,03 a	12,22 a	31,02	47,73 b	52,27
140	7,04 b	10,19 a	28,57	54,21 c	45,79
Ubicación de la estaca en la rama					
Apical	9,40 a	6,99 a	21,53 a	62,08 a	37,92
Medial	7,83 ab	9,58 ab	31,85 b	50,74 b	49,26
Basal	6,62 b	11,48 b	31,25 b	50,65 b	49,35
Dosis de AIB (ppm)					
0	10,19 a	8,89	17,47 a	63,46 a	36,54
2500	6,67 bc	9,63	34,82 b	48,89 b	51,11
5000	6,30 c	10,62	30,31 b	52,78 b	47,22
7500	8,64 bc	8,27	30,25 b	52,84 b	47,16

a, b, c: marca diferencias estadísticas ($P < 0,05$) entre tratamientos.

Cuadro 2. Brotamiento foliar y radicular por edad de la rama y ubicación de la estaca en la rama. El Alto de Ochomogo, Costa Rica.

Edad de las estacas (días)	Ubicación de la estaca en la rama	Solo brote foliar (%)	Solo brote radicular (%)	Brote foliar y radicular (%)	Sin ningún brote (%)	Brote total (%)
84	Apical	9,58	2,78	15,14	72,50	27,50
	Medial	6,81	6,25	30,14	56,81	43,19
	Basal	6,95	7,92	29,86	55,28	44,72
112	Apical	10,28	11,11	23,47	55,14	44,86
	Medial	10,14	10,83	35,28	43,75	56,25
	Basal	6,67	14,72	34,31	44,31	55,69
140	Apical	8,33	7,08	25,97	58,61	41,39
	Medial	6,53	11,67	30,14	51,67	48,33
	Basal	6,25	11,81	29,58	52,36	47,64

de la aplicación de AIB a las estacas con diferente origen en la rama ($P \leq 0,05$) y se infiere que la aplicación de AIB responde favorablemente en las aquellas estacas extraídas de la parte basal de la rama. La respuesta de los tres efectos combinados fue analizada y en el Cuadro 5 se presentan los ocho mejores resultados.

La reproducción de morera por estacas, sin tratamiento con estimuladores de crecimiento, es generalmente exitosa en un 90%. El periodo en que se logra obtener una nueva planta formada es de unos 90 a 120 días. Con frecuencia encontramos que el enraizamiento inicial es pobre y al cabo de unos seis a ocho meses, al iniciar el periodo seco, un 20% de las plantas mueren. La reposición de esa cantidad de plantas es comercialmente apreciable y requiere la búsqueda de mejores métodos de reproducción. La edad y ubicación de

la estaca en la rama mostraron un efecto importante sobre el brote foliar y radicular de las estacas; sin embargo, a edades tempranas (siete semanas) los valores encontrados siguen siendo poco atractivos para la aplicación comercial, así como la escogencia de la estaca de una posición particular de la rama. Suzuki *et al.* (1988) recomiendan buscar otros criterios de selección de ramas para la extracción de estacas, como la madurez de las yemas y la estación en que se efectúe, lo cual no tiene gran manifestación en condiciones tropicales, ya que en todas las épocas del año se encuentran yemas en diferentes estados de crecimiento. Bajo estas condiciones, la edad y la ubicación de la estaca en la rama podrían haber manifestado respuestas más diferenciadas que las encontradas en este trabajo. En varios trabajos (Misra y Jauhari 1970, Mukherjee y Sharma

Cuadro 3. Brotamiento foliar y radicular por edad de la rama y dosis de AIB. El Alto de Ochomogo, Costa Rica.

Edad de las estacas (días)	Dosis de AIB (ppm)	Solo brote foliar (%)	Solo brote radicular (%)	Brote foliar y radicular (%)	Sin ningún brote (%)	Brote total (%)
84	0	13,52	4,07	22,59	59,82	40,18
	2500	5,00	5,00	35,74	54,26	45,74
	5000	5,93	10,37	19,45	64,26	35,74
	7500	6,67	3,15	22,41	67,78	32,22
112	0	9,63	11,85	16,30	62,22	37,78
	2500	7,96	14,44	35,96	41,67	58,33
	5000	8,89	11,85	34,63	44,63	55,37
	7500	9,63	10,74	37,22	42,41	57,59
140	0	7,41	10,74	13,52	68,33	31,67
	2500	7,04	9,44	32,78	50,74	49,26
	5000	4,08	9,63	36,85	49,44	50,56
	7500	9,63	10,93	31,11	48,33	51,67

Cuadro 4. Brotamiento foliar y radicular por ubicación de la estaca en la rama y por dosis de AIB. El Alto de Ochomogo, Costa Rica.

Ubicación de la estaca en la rama	Dosis de AIB (ppm)	Solo brote foliar (%)	Solo brote radicular (%)	Brote foliar y radicular (%)	Sin ningún brote (%)	Brote total (%)
Apical	0	14,07	7,22	13,89	64,81	35,19
	2500	7,96	7,59	30,74	53,70	46,30
	5000	7,22	7,03	21,11	64,63	35,37
	7500	8,33	6,11	20,37	65,19	34,81
Medial	0	10,93	9,82	25,00	54,26	45,74
	2500	6,48	9,44	34,26	49,81	50,19
	5000	5,93	9,63	35,56	48,89	51,11
	7500	7,96	9,44	32,59	50,00	50,00
Basal	0	5,56	9,63	13,52	71,30	28,70
	2500	5,56	11,85	39,44	43,15	56,85
	5000	5,74	15,19	34,26	44,81	55,19
	7500	9,63	9,26	37,78	43,33	56,67

1971, Shanmugavelu 1975, Khosla *et al.* 1982, Kim *et al.* 1985, Puri y Nagpal 1988) las auxinas fueron recomendadas como excelentes reguladores de crecimiento, sobre la estimulación productora de raíces y brotes foliares. Los resultados del presente trabajo permiten inferir que los estimuladores de crecimiento tienen un marcado efecto en las estacas de 112 y 140 días de edad, en cerca de un 10 a 20 % y que el brotamiento total de las estacas extraídas de la parte medial y basal se ven favorecidas entre un 5 y 26% con una aplicación de 2500 ppm de AIB. Concentraciones mayores de ácido indol butírico mostraron un efecto similar.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las estacas de 112 días de edad mostraron la mayor capacidad de brotación total, pudiendo el productor escoger estacas entre 84 y 140 días de edad con buen nivel de brotación. Los resultados favorecen la escogencia de estacas de la parte medial y basal de la rama sobre el uso de esquejes extraídos del extremo apical de la rama. La aplicación de AIB como regulador de crecimiento incrementó en un 15% la velocidad de brotación total de raíces y ramas iniciales en las estacas sembradas. Se recomienda el empleo en una concentración mínima de 2500 ppm y la respuesta fue similar en concentraciones superiores hasta 7500 ppm.

Cuadro 5. Tratamientos que mostraron el 20% superior de brotamiento foliar y radicular de las estacas. El Alto de Ochomogo, Costa Rica.

Edad de las estacas (días)	Ubicación de la estaca en la rama	Dosis de AIB (ppm)	Solo brote foliar (%)	Solo brote radicular (%)	Brote foliar y radicular (%)	Sin ningún brote (%)	Brote total (%)	Percentil
112	Basal	7500	9,44	11,67	48,33	30,56	69,44	
112	Medial	2500	11,11	13,33	42,78	32,78	67,22	
112	Basal	5000	5,56	21,11	40,00	33,33	66,67	
84	Basal	2500	5,56	8,89	50,00	35,56	64,44	90
140	Basal	5000	4,44	12,22	43,89	39,44	60,56	
140	Medial	7500	8,89	13,89	37,78	39,44	60,56	
112	Medial	7500	8,89	12,78	37,22	41,11	58,89	
112	Basal	2500	6,11	16,67	35,56	41,67	58,33	80

LITERATURA CITADA

- BENAVIDES, J.; BOREL, R.; ESNAOLA, M. A. 1986. Evaluación de la producción de forraje del árbol de Morera (*Morus* sp.) sometido a diferentes frecuencias y altura es de corte. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, en el Proyecto de sistemas de producción animal. Serie Técnica. Informe Técnico N° 67. p. 74-76.
- BOSCHINI, C.; DORMOND, H.; CASTRO, C. 1998. Producción de biomasa de morera (*Morus alba*) en la Meseta Central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 9: 31-40.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIS, F. T. 1990. Plant propagation: principles and practices. Fifth edition. Prentice Hall Career and Technology. 647 p.
- IFA (INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION). 1992. IFA world fertilizer use manual. mulberry chart. BASF. Aktiengesells- Chaft. Agricultural Research Station. Germany. p. 595-601.
- KIM, H. R.; PATEL, K. R.; TORPE, T. A. 1985. Regeneration of mulberry plantlets through tissue culture. *Botanical Gazette* 146:335-340.
- KHOSLA, P.; NAGPAL, R.; PURI, S. 1982. Propagation of some agro-forestry species by air-layering *Morus alba*, *Ficus carica*, *Grewia optiva* and *Acacia catechu*. *Indian Journal of Forestry* 5:171-174.
- MISRA, A. K.; JAUHARI, O. S. 1970. Root induction in layers and stem cutting of *Morus alba* L. and *Zizyphus mauritiana* LAM. With special reference to plant growth regulators. *Indian Journal of Horticulture* 27: 141-146.
- MUKHERJEE, S. K.; SHARMA, D. N. 1971. Effect of some growth regulators on the rooting of mulberry cuttings. *Indian Journal of Sericulture* 10:23 - 27.
- PURI, S.; NAGPAL, R. 1988. Effect of auxins on air-layers of some agro-forestry species. *Indian Journal of Forestry* 11: 28-32.
- RODRÍGUEZ, C., ARIAS, R.; QUIÑONES J. 1994. Efecto de la frecuencia de poda y el nivel de fertilización nitrogenada, sobre el rendimiento y calidad de la biomasa de Morera (*Morus* sp.) en el trópico seco de Guatemala. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Serie Técnica. CATIE. Informe Técnico No 236. Volumen II. p. 515-528.
- SAS INSTITUT INC. 1985. SAS (Statistical Analysis System) user's guide. 5 ed. Cary, North Carolina, SAS Institut Inc. 373 p.
- SHANMUGAVELU, K. G. 1975. Induction of rooting of mulberry (*Morus alba* LINN.) cutting with the aid of plant growth regulators under intermittent mist. *Indian Journal of Sericulture* 14: 22-26.
- SUZUKI, T.; KITANO, M.; KHONO, K. 1988. Lateral bud outgrowth on decapitated shoots of low-pruned mulberry (*Morus alba* L.). *Tree Physiology* 4: 53-60.
- TING-ZING, Z.; YUN-FAN, T.; GUANG-XIEN, H.; HUAIZHONG, F.; BEN, MA. 1988. Mulberry cultivation. *FAO Agricultural Services Bulletin* 73/1. Rome, Italy. Food and Agricultural Organization of the United Nations. 127 p.
- VASQUEZ, A. 1982. Estudio detallado de los suelos de la Estación Experimental de Ganado Lechero El Alto. Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 36 p.