

NOTA TÉCNICA

HERENCIA DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS SÓLIDOS SOLUBLES ENTRE LÍNEAS PARENTALES DE PAPAYA (*Carica papaya* L.) Y SUS HÍBRIDOS¹

Eric Mora¹, Antonio Bogantes²

RESUMEN

Herencia de la concentración de los sólidos solubles entre líneas parentales de papaya (*Carica papaya* L.) y sus híbridos. Se estableció un experimento con el objetivo de determinar el patrón de herencia de la concentración de sólidos solubles de frutas (medido como grados brix) entre tres líneas de papaya y sus tres posibles híbridos. Se utilizaron como materiales parentales tres líneas genéticas con niveles de azúcares significativamente diferentes entre ellos. Se determinó que la característica de alto contenido de sólidos solubles se comportó de manera dominante sobre un bajo contenido de los mismos. Se concluyó que existe un gran potencial para explotar comercialmente este patrón dominante al posibilitar el uso de germoplasma de buenas características agronómicas pero deficientes en sus contenidos de azúcares en sus frutas. La posible naturaleza de los factores que intervienen en la característica estudiada se discuten.

ABSTRACT

Inheritance of soluble solid concentration in papaya (*Carica papaya* L.) parental lines and their hybrids. A field test was established to determine the genetic inheritance pattern for fruit soluble solids (measured as brix percentage of the flesh) between three inbred papaya lines and their three possible hybrids. The parental lines examined differed significantly for this characteristic. It was established that high levels of sugars are dominant to low levels. It is concluded that a great potential exists to exploit this dominant pattern of inheritance since it opens the possibility of using inbred lines of good agronomic characteristics but with low fruit flesh sugar content in the making of commercial hybrids. The possible underlying mechanisms that determine this character are discussed for this species.



INTRODUCCIÓN

En los últimos diez años se ha dado un incremento en el interés en la producción de híbridos en papaya. Algunos de los primeros estudios en este sentido señalaban un fuerte patrón heterótico en esta especie con potencial de ser explotado comercialmente (Subramanian e Iyer 1984, Chan 1992). En la actualidad, un gran porcentaje del área sembrada en Brasil corresponde a híbridos de origen taiwanés (Marin *et al.* 1995). En países como Malasia, Vietnam, Filipinas y Estados Unidos también comienza a desarrollarse actividad comer-

cial con base a híbridos. Es posible comprar semilla híbrida de papaya de compañías en Hawaii (*Aloha Seed & Herb, Papaya Seed Co.*), Taiwán (*Known-You Seed Co.*) y México (*Semillas del Caribe*).

La concentración de azúcares es una característica muy importante en la determinación de la calidad comercial de la papaya. Para las variedades del tipo "Solo" producidas en Hawaii, se ha determinado un porcentaje de brix de 11,5 como mínimo aceptable para su comercialización (Paull *et al.* 1997). Sin embargo, a pesar de lo anterior, existe poca información en la literatura sobre

¹ Recibido para publicación el 16 de febrero del 2004.

² Estación Experimental Fabio Baudrit, Universidad de Costa Rica. Alajuela, Costa Rica.

³ Estación Experimental Los Diamantes, Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA)-MAG. Guápiles, Costa Rica.

el modo de herencia de la concentración de los sólidos solubles entre líneas parentales con sus respectivos híbridos. Este aspecto reviste especial interés en los casos en que dichas líneas difieran de manera muy significativa para esta característica.

Por otra parte, el conocimiento del modo de herencia de los sólidos solubles puede llevar a desarrollar variedades de mayor calidad para nuestro mercado nacional y con ello aumentar el consumo de esta fruta en nuestro país, que en la actualidad ronda los 15 kg *per cápita* (PIMA 2003). También facilitaría la producción de nuevos híbridos con el objetivo de incursionar en los mercados internacionales.

Este trabajo tiene por objetivo investigar el patrón de herencia de la concentración de los sólidos solubles entre tres líneas de papaya con sus respectivos híbridos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Estación Experimental "Los Diamantes" del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dicha estación se ubica en la región Atlántica de Costa Rica, a una altura de 240 msnm y cuenta con una temperatura promedio y una precipitación anual promedio de 24,6°C y 4.380 mm respectivamente. El período comprendido por este trabajo abarcó desde mayo del 2001 hasta marzo del 2002.

Se utilizaron tres líneas S3 y los tres híbridos posibles entre ellos. Las líneas fueron generadas por hibridación y tres generaciones de autofecundación a partir de un acceión criolla con la variedad "Sunset Solo" de Hawaii (Mora y Bogantes 1999-2002).

El diseño experimental consistió de un bloque completos al azar con tres repeticiones.

El manejo técnico del experimento se realizó como se detalla a continuación:

Fertilización: 246 kg de nitrógeno, 142 kg de fósforo y 280 kg de potasio por hectárea durante los primeros doce meses de cultivo. Las fuentes utilizadas fueron las fórmulas comerciales 10-30-10, 18-5-15-6-1,2 y 15-3-31 fraccionadas mensualmente. Lo anterior se complementó con la aplicación de fertilizantes foliares a base de calcio y boro cada dos meses.

Protección: Se realizaron aplicaciones preventivas y de control de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en fruta a base de benomil y mancozeb. El combate del díptero *Toxotrypana curvicauda* se hizo a

base de los insecticidas dimetoato y cipermetrina. También se utilizó abamectina para el control de ácaros en el follaje joven del ápice. El control de malezas se hizo con glifosato.

La fruta evaluada se cosechó al presentar una franja amarilla en un costado cercano a su zona apical. La evaluación de los brix se realizó utilizando un brixómetro manual cuando la fruta había alcanzado un 100% de color amarillo externamente.

El análisis estadístico se realizó utilizando la prueba de Tuckey con el programa de SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las tres líneas evaluadas presentaron diferencias significativas entre sí para el valor de los grados brix de sus frutas maduras. Por su parte, los tres híbridos posibles entre dichas líneas mostraron niveles de brix muy similares a sus progenitores de más alto valor para esta característica, a la vez que difirieron de manera significativa del otro progenitor de menor brix en dos de los tres casos (Cuadro 1). Estos resultados sugieren que para dichos materiales existe una tendencia fuerte hacia la dominancia de los genes que influyen sobre la concentración de sólidos solubles. El hecho de que no exista diferencia significativa entre uno de los progenitores de menor brix (línea 60) con su híbrido respectivo híbrido (33X60) se debe probablemente a la similitud de sus valores entre ambos materiales.

La naturaleza de los factores fisiológicos responsables de estos resultados pueden ser variados y solo se puede hipotetizar acerca de las posibilidades. En papaya, se ha sugerido que la invertasa ácida es la responsable en mayor medida del contenido final de azúcares en la

Cuadro 1. Brix de las líneas 60, 33, 50 y sus respectivos híbridos. Guápiles, 2001.

Líneas e híbridos	Brix
33	12,43 a1
33 x 60	12,37 ab
50 x 33	11,90 abc
60	11,69 bc
50 x 60	11,31 c
50	9,80 d

¹ Tratamiento con igual letra en una misma columna presentan diferencias no significativas según Prueba de Tukey 5%.

pulpa de la fruta madura al afectar el proceso de descarga del floema (Zhou *et al.* 2003). Sin embargo, debe tomarse en cuenta también que la relación fuente-sumidero también tiene un efecto importante sobre el nivel de brix de la fruta de esta especie. En este sentido, Zhou *et al.* (2000) alteraron esta relación mediante tratamientos de defoliación y raleo de frutas, con lo cual comprobaron que un mayor índice “*área foliar / kg de fruta*” correlacionaba también con una mayor concentración de sólidos solubles finales en la fruta. Es importante notar que dicho índice también correlacionó positivamente con una mayor actividad de la invertasa ácida, reforzando la posibilidad de que dicha enzima esté implicada en la determinación final de los sólidos solubles de la fruta.

El efecto de la relación fuente-sumidero sobre el contenido de azúcares de las frutas está bien documentado en la literatura. La mayoría de plantas con grandes superficies de área foliar tienen una capacidad fotosintética mayor a una determinada carga de frutas, lo cual se traduce en mayores niveles de sólidos solubles de sus frutas (Hubbard *et al.* 1990). Esta correlación se ha cuantificado para varias especies frutales tales como kiwi, mango, manzana, grapefruit y ciruela (Zhou *et al.* 2000).

En vista de lo anterior, es posible que los resultados obtenidos en este trabajo se deban a una alteración de la relación fuente/sumidero a favor de la fuente (follaje) debido al vigor híbrido. En este sentido Subramanyan (1984) determinó que la heterosis para la característica de área foliar puede ser muy importante en papaya, con una variación de entre 13,3% y 45,0% sobre el padre medio y 17,5% y 40,2% sobre el mejor padre.

La relación fuente-sumidero y su efecto de sobre la acumulación de azúcares en la fruta de la papaya tiene implicaciones muy importantes sobre algunos aspectos del mejoramiento genético en esta especie. El peso individual de las frutas es un componente muy importante del rendimiento total y como tal, altera esta relación en favor del sumidero. Lo anterior implica que posiblemente sea muy difícil producir variedades de fruta grande con contenidos de azúcar tan altos como los de las variedades pequeñas. Trabajos de los autores durante muchos años respaldan esta hipótesis, pues los mismos sugieren que para una base genética dada, el seleccionar por tamaño grande de fruta y alta productividad a la vez, trae como consecuencia una respuesta desfavorable para el contenido de azúcares de la fruta. Si bien es cierto que no puede distinguirse una tendencia clara de la información presentada en los Cuadros 1 y 2 entre tamaño de fruta y brix, debe recordarse que la relación fuente-sumidero abarca otros parámetros importantes como número de frutos y área foliar, no cuantificados en el presente estudio.

Cuadro 2. Peso promedio de las frutas de las líneas 33, 50, 60 y sus respectivos híbridos. Guápiles, 2001.

Líneas e híbridos	Peso promedio por fruta (kg)
60	2,40 a1
50X60	1,73 ab
50	1,46 abc
50X33	1,31abc
33X60	1,16 bc
33	0,47 c

¹ Tratamiento con igual letra en una misma columna presentan diferencias no significativas según Prueba de Tukey 5%.

Las referencias en la literatura sobre el modo de herencia de los azúcares de la fruta en papaya son muy escasas. Si bien es cierto que el contenido de sólidos solubles en frutas tiene un fuerte componente cuantitativo, existe evidencia en la literatura sobre la existencia de genes con efectos mayores en melón (Burguer *et al.* 2002) y tomate (Fridman *et al.* 2000). Sin embargo, para efectos prácticos, los resultados de este trabajo indican que existe un gran potencial de explotar comercialmente la dominancia de esta característica en papaya por medio de la producción de híbridos. Esto abre la posibilidad de utilizar una gran cantidad de germoplasma de excelentes características agronómicas y comerciales pero con una limitante genética en cuanto a su contenido de azúcares.

LITERATURA CITADA

- BURGER, Y.; SAAR, U.; PARIS, H.; YESELSON, Y.; LEVIN, I.; SCHAFFER, A. 2002. A single recessive gene for sucrose accumulation in *Cucumis melo* fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127(6):938-943.
- CHAN, Y.K. 1992. Progress in breeding of F1 papaya hybrids in Malaysia. *Acta Horticulturae* 292:41-49.
- FRIDMAN, E.T.; PLEBAN, T.; ZAMIR, D. 2000. A recombination hotspot delimits a wild species quantitative trait locus for tomato sugar content to 484 bp within an invertase gene. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 97:4718-4723.
- HUBBAR, N.L.; PHARR D.M.; HUBER, S.C. ; 1990. Sugar metabolism in ripening muskmelon fruit as affected by leaf area. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:798- 802.
- MARIN, S.L.; GOMES, J.A.; SALGADO, J.S.; MARTINS, D.S.; FULLIN, E.A. 1995. Recomendacoes para a cultura do mamoeiro dos grupos Solo e Formosa no estado do Espírito Santo. 4 ed. Ed. EMCAPA. Brasil. 57 p.

- MORA, E.; BOGANTES, A. 1999-2002. Evaluación del potencial comercial de líneas S2 de papaya (*Carica papaya* L.) en la región Atlántica de Costa Rica. Rev. Agr. Trop. 32:73-80.
- PAULL, R.E.; NISHIJIMA, W.; REYES, M.; CAVALETTO, C. 1997. A review of postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya*). Postharvest Biol. Technology 11:165-179.
- PIMA. 2003. Tendencias del consumo de frutas, hortalizas y pescado en las familias de Costa Rica. CENADA, Costa Rica. 48 p.
- SUBRAMANYAN, M.D.; IYER, C.P.A. 1984. Exploitation of heterosis in papaya. Indian Journal of Horticultural Sciences 41:40-46
- ZHOU, L.; CHRISTOPHER, D.; PAULL, R. 2000. Defoliation and fruit removal effects on papaya fruit production, sugar metabolism, and sucrose metabolism. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125(5):644-652
- ZHOU, L.; CHEN, C.C.; CHRISTOPHER, D.; PAULL, R. 2003. Apoplastic invertase and its enhanced expression and post-translation control during maturation and ripening. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 128(5):628-635.