

Nota de Investigación

RENDIMIENTO Y MORFOLOGÍA DE LA RAÍZ DE DOS GENOTIPOS DE YUCA EN TRES CICLOS DE COSECHA^{1,2}

Jesús Cardona-Colón³ y Agenol González-Vélez⁴

J. Agric. Univ. P.R. 96(1-2):117-121 (2012)

El consumo promedio de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Puerto Rico durante los años 1997 al 2008 fue alrededor de 6,803 toneladas anuales. En ese mismo período el promedio anual de la producción local fue de alrededor de 499 toneladas, equivalentes a menos de un 8% del consumo total (Departamento de Agricultura de P.R., 2009). Aunque este es un sector agrícola con gran potencial de crecimiento, existen algunos problemas inherentes al cultivo que no lo hacen atractivo a los agricultores locales. Entre estos, el rápido deterioro post-cosecha de las raíces es el principal factor limitando las posibilidades de mercadeo y las ganancias del agricultor. En algunas variedades, el deterioro y la pérdida de calidad culinaria de las raíces comienza tan temprano como el primer día post-cosecha (Montaldo, 1973; Cooke et al., 1988). Este deterioro ocurre porque bajo condiciones normales las raíces de yuca no logran suberizar y formar la capa de peridermo necesaria para proteger las heridas causadas durante el cosecho (Booth, 1976; FAO, 2002). Algunos tratamientos, tales como la refrigeración, uso de cubierta de plástico o encerado para reducir la respiración, y el almacenamiento bajo humedad relativa alta (80-90%), logran reducir el deterioro de las raíces (Cooke et al., 1988). Todos esos tratamientos post-cosecha representan un aumento considerable en costos, por lo tanto, el enfoque primario debe ser tratar de reducir las heridas y el daño mecánico sufrido por la raíz durante el cosecho. Booth (1976) encontró que la magnitud del daño causado por heridas durante el cosecho es proporcional a la rapidez de deterioro de las raíces. Durante el cosecho la raíz se desprende o se corta por el pedúnculo, por lo tanto, mientras mayor sea su diámetro mayor será el área expuesta y la herida que conduce al deterioro.

El objetivo principal de este trabajo fue comparar el desarrollo morfológico de las raíces de yuca a lo largo de tres ciclos de cosecha. Se escogieron dos genotipos con marcadas diferencias fenotípicas. El primero fue un nuevo genotipo de yuca (CM 3380), que en una prueba anterior obtuvo altos rendimientos en Corozal (Goenaga et al., 2002). El CM 3380 es de crecimiento desparramado y el color de la corteza de sus raíces es crema. El segundo genotipo fue el CM 3311, que resultó ser el mejor productor en un trabajo realizado anteriormente en Isabela, en el cual no se incluyó el CM 3380 (González y Cardona, 2002). El CM 3311 es de crecimiento erecto y la corteza de sus raíces (debajo de la epidermis) es de color rojizo. Como segundo objetivo, se evaluaron ambos genotipos para rendimiento en tres ciclos de cosecha en la localidad de Isabela.

En la Subestación Experimental Agrícola de Isabela sembramos un experimento con un diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones, en el que los genotipos (CM 3311

¹Manuscrito sometido a la Junta Editorial el 12 de abril de 2011.

²Los autores desean agradecer al Dr. Raúl Macchiavelli por su colaboración en el análisis estadístico.

³Asociado en Investigaciones, Estación Experimental Agrícola, 2090 Ave. Militar, Isabela PR 00662.

⁴Catedrático, Estación Experimental Agrícola, HC-02 Box 10322, Corozal, PR 00783.

y CM 3380) conformaron las parcelas y la época de cosecha (siete, nueve, y once meses) las sub-parcelas. Cada sub-parcela contenía tres hileras de cinco plantas cada una. El suelo utilizado fue un Oxisol serie Coto con un pH aproximado de 6. La siembra se realizó el día 18 de febrero de 2006 y las cosechas se realizaron el 19 septiembre 2006, 16 noviembre 2006, y 18 enero 2007. En cada ciclo de cosecha se cosecharon tres plantas de la hilera central de cada parcela. Se tomaron datos del largo, ancho, diámetro del pedúnculo, y el peso de todas las raíces de cada planta. Se consideraron como raíces comerciales aquellas mayores de 20 cm de largo y 4 cm de grosor. El diámetro del pedúnculo se midió en su centro y el ancho de la raíz se midió en su parte más gruesa. Se aplicó riego aéreo al momento de la siembra y posteriormente de acuerdo a los requerimientos de la planta. Se siguieron todas las prácticas de cultivo según el Conjunto Tecnológico para la Producción de Raíces y Tubérculos (EEA, 1997). Para el análisis estadístico usamos el modelo lineal general de SAS. Para diferencias entre medias de tratamientos se realizaron pruebas Tukey.

Variables de rendimiento: peso y número de raíces comerciales y no comerciales

No se encontró interacción significativa ($P < 0.05$) entre genotipos y ciclos de cosecho para ninguna de las variables de rendimiento. Sin embargo, el peso de las raíces comerciales fue significativamente diferente entre genotipos y entre ciclos de cosecha, y el número de raíces comerciales fue diferente entre genotipos (Cuadro 1). El peso y el número de raíces no-comerciales también fueron significativamente diferentes entre ciclos de cosecha. El genotipo CM 3380 produjo significativamente mayor peso de raíces comerciales que el CM 3311. Su promedio en las tres épocas de cosecha fue 82% superior al del CM 3311. La producción obtenida por el CM 3380 es la más alta reportada por estudios similares realizados en Puerto Rico (Badillo-Feliciano y Lugo-López, 1976; Ramírez et al., 1983; Rivera et al., 1985; Badillo-Feliciano, 1984; Goenaga et al., 2002; González y Cardona, 2002). El peso de raíces de ambos genotipos aumentó significativamente según extendimos el largo del ciclo de cosecha (Cuadro 2). La producción promedio obtenida a nueve meses fue 40% mayor que a siete meses, y la obtenida a once meses fue 38% mayor que la obtenida a nueve meses.

Para la variable número de raíces comerciales encontramos diferencias significativas entre genotipos. El promedio de los tres ciclos de cosecha del CM 3380 fue 54% superior que el promedio del CM 3311 (Cuadro 1). El mayor número de raíces del CM 3380 (además de significativamente más largas) ayuda a explicar parcialmente su rendimiento superior. No encontramos diferencias significativas en el número de raíces comerciales obtenidas por cada genotipo en los tres ciclos de cosecha. El número de raíces no-comerciales tampoco aumentó después de los siete meses (Cuadro 2), indicando que estos genotipos produjeron un número determinado de raíces las cuales se formaron temprano en su desarrollo. Esto es una característica muy importante porque la planta aprovecha la distribución de sus fotosintatos principalmente en el engrosamiento de raíces existen-

CUADRO 1.—*Peso y número de raíces comerciales y no-comerciales de dos genotipos de yuca en Isabela, Puerto Rico.*^{1,2}

Genotipos	Raíces comerciales		Raíces no-comerciales	
	Peso (kg/ha)	No. (raíces/ha)	Peso (kg/ha)	No. (raíces/ha)
CM 3311	26,116.78 b	37,607.31 b	2,501.87 a	13,449.0 a
CM 3380	47,546.80 a	57,780.76 a	4,052.80 a	19,426.3 a

¹Promedios en la misma columna seguidos de letras diferentes difieren según la prueba Tukey, $P < 0.05$.

²Cada valor es promedio de tres ciclos de cosecha.

CUADRO 2.—*Peso y número de raíces comerciales y no-comerciales de yuca en tres ciclos de cosecha en Isabela, Puerto Rico.*^{1,2}

Ciclo de cosecha	Raíces comerciales		Raíces no-comerciales	
	Peso (kg/ha)	No. (raíces/ha)	Peso (kg/ha)	No. (raíces/ha)
7 meses	25,556.41 c	47,071.4 a	5,586.75 a	32,128.1 a
9 meses	35,677.08 b	45,950.6 a	2,581.11 b	9,339.6 b
11 meses	49,261.88 a	50,060.0 a	1,664.14 b	7,845.2 b

¹Promedios en la misma columna seguidos de letras diferentes difieren según la prueba Tukey, $P < 0.05$.

²Cada valor es promedio de dos genotipos.

tes y no en formación de raíces nuevas. También ayuda a explicar los altos rendimientos obtenidos por estos genotipos.

Para las variables de peso y número de raíces no-comerciales, no encontramos diferencias significativas entre los genotipos, pero sí entre los ciclos de cosecha (Cuadros 1 y 2). Ambos genotipos produjeron mayor peso y número de raíces a los siete meses. A nueve y once meses la producción fue significativamente menor, pero similar en ambos ciclos. La reducción en número de raíces no-comerciales a los nueve y once meses no correspondió con un aumento en el número de raíces comerciales para el mismo período. Una posible explicación es que encontramos evidencia de raíces descompuestas en muchas plantas, las cuales no fueron contabilizadas. La pudrición de raíces pudo ocurrir porque la mayor parte del cosecho concurre con la temporada local de mucha lluvia, lo que favorece el ataque de patógenos, gusanos de suelo y roedores.

Variables de morfología de la raíz: largo y grueso de raíz, diámetro de pedúnculo

No se encontró interacción significativa ($P < 0.05$) entre genotipos y ciclos de cosecha para las variables largo y ancho de raíz. Sin embargo, encontramos diferencias significativas entre genotipos para largo de raíz y entre ciclos de cosecha, para el grueso de raíz. El genotipo CM 3380 produjo raíces significativamente más largas que las del CM 3311 (Cuadro 3). El promedio de los tres ciclos de cosecha para el CM 3380 fue 26% mayor que para el CM 3311. El grueso de las raíces no fue diferente entre genotipos, pero aumentó significativamente en cada ciclo de cosecha (Cuadro 4); entre siete y nueve meses engrosaron un 38%. Entre nueve y once meses el aumento también fue significativo, pero sólo de un 6%. El aumento en peso de las raíces comerciales hasta el onceavo mes correspondió con su aumento en grosor, pero no así con el largo que se mantuvo constante después del séptimo mes.

Para el diámetro de pedúnculo encontramos interacción significativa ($P < 0.05$) entre genotipos y ciclos de cosecha. En los primeros dos ciclos de cosecha no hubo diferencias significativas entre los dos genotipos (Cuadro 5). Después de nueve meses, el CM 3380

CUADRO 3.—*Largo y grueso de raíces comerciales de dos genotipos de yuca en Isabela, Puerto Rico.*^{1,2}

Genotipo	Largo (cm)	Grueso (cm)
CM 3311	30.65 b	5.90 a
CM 3380	38.63 a	5.72 a

¹Promedios en la misma columna seguidos de letras diferentes difieren según la prueba Tukey, $P < 0.05$.

²Cada valor es promedio de tres ciclos de cosecha.

CUADRO 4.—*Largo y grueso de raíces comerciales de yuca en tres ciclos de cosecha en Isabela, Puerto Rico.*^{1,2}

Ciclos de cosecha	Largo (cm)	Grueso (cm)
7 meses	36.8 a	4.6 c
9 meses	32.4 a	6.2 b
11 meses	34.8 a	6.6 a

¹Promedios en la misma columna seguidos de letras diferentes difieren según la prueba Tukey, $P < 0.05$.

²Cada valor es promedio de dos genotipos.

continuó aumentando su diámetro, mientras que el CM 3311 se mantuvo constante. Los datos demuestran que ambos genotipos producen raíces pedunculadas, sin embargo esta característica favorece ligeramente al CM 3311 porque mantuvo el mismo diámetro en los tres ciclos de cosecha. El pedúnculo ofrece ventaja a estos genotipos porque es el lugar del corte durante el cosecho. Mientras menor es su diámetro, menor la magnitud de la herida causada y el posible daño por deterioro post-cosecha (Booth, 1976). González y Cardona (2002) también hicieron la observación sobre la naturaleza pedunculada del CM 3311 y su posible efecto en extensión de la vida útil en almacenaje. En la literatura revisada no encontramos datos sobre el tamaño apropiado para el pedúnculo de raíces de yuca. En estos genotipos, el grosor de los pedúnculos a los nueve meses de edad representó alrededor del 28 al 29% del grosor total de las raíces.

Las recomendaciones que surgen de este trabajo aplican específicamente para los suelos Oxisoles de Isabela y la fecha de siembra indicada. Nuestra siembra se realizó en el mes de febrero y todo el desarrollo temprano de las plantas concurre con los meses de días largos y temperaturas cálidas de primavera y verano. Esas condiciones podrían favorecer el rápido desarrollo de la planta y ayudar a explicar los altos rendimientos obtenidos por nuestros genotipos. Además, los suelos Oxisoles en Isabela se caracterizan por ser profundos, sueltos y porosos, lo que también podría favorecer el desarrollo de raíces.

En resumen, en este trabajo encontramos que ambos genotipos evaluados poseen raíces pedunculadas que podrían ayudar a disminuir el deterioro post-cosecha. El rendimiento del genotipo CM 3380 fue muy superior al CM 3311 porque produjo mayor cantidad y tamaño de raíces. Esas características podrían aumentar la dificultad de cosecharlas y como tal aumentar las heridas por daño mecánico y como consecuencia el deterioro post-cosecha. Para mitigar ese posible efecto, además de seleccionar un suelo adecuado para la siembra, se recomienda mantener la humedad óptima durante la cosecha para facilitar la extracción de raíces. Aunque nuestros datos sugieren la cosecha a once meses, la producción obtenida a nueve, y aún a siete meses, compara favorablemente con la obtenida por los genotipos tradicionales en Puerto Rico en ciclos de 10 meses (EEA, 1997). Se requiere investigación para determinar si la calidad de las raíces de estos genotipos, cosechados en ciclos tempranos, cumple con los requisitos necesarios para el mercado de Puerto Rico.

CUADRO 5.—*Diámetro del pedúnculo (cm) de raíces comerciales de dos genotipos de yuca en tres ciclos de cosecha en Isabela, Puerto Rico.*¹

Genotipo	7 meses	9 meses	11 meses
CM 3311	1.65 b	1.77 b	1.70 b
CM 3380	1.48 b	1.80 b	2.17 a

¹Valores en la misma fila o columna seguidos de letras diferentes difieren según la prueba Tukey, $P < 0.05$.

LITERATURA CITADA

- Badillo-Feliciano, J., 1984. Performance of cassava cultivars in an Oxisol in north western Puerto Rico. *J. Agric. Univ. P.R.* 68(4): 375-381.
- Badillo-Feliciano, J. y M. Lugo-López, 1976. Effect of planting system and partial removal of the epidermis of cassava cuttings on growth yield and root development. *J. Agric. Univ. P.R.* 60(4): 606-611.
- Booth, R. H., 1976. Storage of fresh cassava (*Manihot esculenta*). Post-harvest deterioration and its control. *Exp. Agric.* 12: 103-111.
- Cooke, R. D., J. E. Rickard y A. K. Thompson, 1988. The storage of tropical root and tuber crops – cassava yams and edible aroids. *Exp. Agric.* 24: 457-470.
- Departamento de Agricultura, 2009. Ingreso Bruto Agrícola de Puerto Rico 2005/2006. Oficina de Estadísticas Agrícolas.
- Estación Experimental Agrícola (EEA), 1997. Conjunto Tecnológico para la Producción de Raíces y Tubérculos. Estación Experimental Agrícola, Universidad de Puerto Rico. Publicación 101.
- FAO, 2002. Physiological deterioration in cassava: biochemistry of the processes involved. <http://www.fao.org/docrep/V4510E/V4510E05.htm>
- Goenaga, R., E. Rivera y U. Chardón, 2002. Yield performance of introduced cassava clones in an Ultisol in Puerto Rico. *J. Agric. Univ. P.R.* 86(1-2): 27-33.
- González, A. y J. Cardona, 2002. Selección de genotipos de yuca con potencial de cosecha precoz. *J. Agric. Univ. P.R.* 86(3-4): 159-161.
- Montaldo, A., 1973. Vascular streaking of cassava root tubers. *Tropical Science* 15: 39-46.
- Ramírez, O. D., J. Green y I. Beauchamp de Caloni, 1983. Evaluation and acceptability of cassava cultivars. *J. Agric. Univ. P.R.* 67(1): 16-21.
- Rivera, E., F. Abruña y J. Rodríguez, 1985. Response to soil acidity factors in Ultisols and Oxisols. *J. Agric. Univ. P.R.* 69(2): 145-152.