



III CONGRESO NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE COMEII 2017

Puebla, Pue., del 28 al 30 de noviembre de 2017

PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN EL CULTIVO DE MALANGA (*Colocasia esculenta* L. Schott) CON RIEGO POR ASPERSIÓN EN TABASCO, MEXICO

Rutilo López López^{1*}; Miguel Angel Ramírez Guillermo¹; Marco Antonio Inzunza Ibarra²

¹Campo Experimental Huimanguillo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Km. 1 carr. Huimanguillo – Cárdenas, C.P. 86400, Huimanguillo, Tabasco, México.

lopez.rutilo@inifap.gob.mx - 01 800 088 2222 ext. 87515 (*Autor de correspondencia)

²Centro de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (CENID-RASPA), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Km. 6.5, Canal Sacramento margen derecho, C. P. 35140. Gómez Palacio, Dgo., México.

Resumen

El Uso Eficiente del Agua en el cultivo de malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott) es fundamental para la mejora de la productividad del cultivo. Los objetivos del presente estudio fueron evaluar el efecto del riego por aspersión con cañones en el rendimiento del cultivo de malanga y determinar el uso eficiente del agua a partir de las láminas de riego aplicadas al cultivo en el municipio de Cunduacán, Tabasco. Se evaluó hidráulicamente el sistema de riego por aspersión con cañones. Se tomaron datos de rendimiento del cultivo de 2012 a 2016 y las láminas de riego aplicadas al cultivo de acuerdo con la bitácora del productor cooperante para obtener los valores de productividad del agua. En el periodo 2016-2017 se sembró una hectárea de malanga con una densidad de 38,500 plantas ha⁻¹, y se obtuvieron cinco muestras para la estimación del rendimiento de tubérculos y la incidencia de enfermedades. Con base en los resultados obtenidos se concluye que el sistema de riego por aspersión con cañones tuvo un coeficiente de uniformidad bajo, menor al valor mínimo aceptable. La productividad del agua obtenida en el cultivo de malanga con riego por aspersión de 2012 a 2016 variaron de 1.9 a 2.33 kg m⁻³, la cual puede mejorarse si se usa un sistema de riego localizado (goteo) e incrementarse la productividad del cultivo. El rendimiento de cormo obtenido en el ciclo 2016-17 fue bajo (10.4 t ha⁻¹) por la incidencia de *Erwinia* sp. que redujo en 25.2 %, el rendimiento promedio de la región.

Palabras clave adicionales: riego presurizado, uso eficiente del agua, productividad del cultivo



Introducción

El cultivo de malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott) es importante en términos energéticos, las partes utilizables son los tallos subterráneos tuberosos, que contienen entre un 15 y un 39 % de carbohidratos, 2-3 % de proteína y un 70-77 % de agua y un valor nutritivo comparable al de las papas, y probablemente de mayor digestibilidad. Un uso secundario es el consumo de las hojas tiernas. Kaushal *et al.* (2015) mencionan que los tubérculos contienen desde un 70 a 80 % de almidón.

La producción mundial de malanga en 2013 fue de poco más de 10 millones de toneladas. El principal productor es Nigeria, seguido de China, Ghana y Camerún (FAOSTAT, 2015). El cultivo requiere condiciones de clima cálido y húmedo, con mucha radiación solar. En México se cultiva en la zona tropical de Oaxaca, Veracruz y Tabasco. aunque se reportan otros ensayos con buen potencial productivo en Tamaulipas y Sinaloa, donde en este último estado reportan rendimientos de 38.8 t ha^{-1} en condiciones de riego y peso promedio del tubérculo de 1.4 kg. El ciclo del cultivo de la malanga varía según las condiciones ambientales, por ejemplo, en el sur de Sinaloa, la duración es de 11 a 12 meses cuando el cultivo se establece en invierno, y de 9 a 10 meses cuando la siembra es en verano (Pérez, 2011), similar a lo que ocurre en Tabasco.

La disponibilidad de agua es un factor limitante para la producción agrícola y una amenaza en la seguridad y producción alimentaria. Por tal motivo, es importante que el agua se utilice de manera racional mediante la aplicación de láminas de riego basadas en la evapotranspiración del cultivo (ETc) y métodos de riego eficientes que optimicen el agua de riego.

Uyeda *et al.* (2011) evaluaron la respuesta de tres variedades comerciales de malanga con cinco niveles de riego. Encontraron que las tasas basadas en la evapotranspiración de referencia (ET_0), la aplicación de 150% de ET_0 maximiza el rendimiento de cormos. Sahoo *et al.* (2006) concluyeron que el desarrollo de variedades tolerantes a la sequía en malanga es posible. Uyeda *et al.* (2011) mencionaron que las variedades de malanga pueden adaptarse en la producción con limitaciones hídricas.

Como tal, es necesario evaluar las respuestas de las variedades locales de malanga al estrés hídrico y determinar su uso eficiente de agua en diferentes regímenes hídricos. Tal información permitiría la promoción de la malanga en áreas de temporal con lluvias limitadas, pero con acceso a riego.

Mabhaudhi *et al.*, (2013) en un estudio para evaluar el crecimiento, el rendimiento y la eficiencia del uso del agua de tres variedades criollas de malanga en diferentes regímenes hídricos (30%, 60% y 100% de la ETc) donde se usó riego por goteo aplicándose tres veces por semana. Concluyeron que las variedades criollas de malanga mostraron una emergencia lenta y desigual. La conductancia estomática fue 4% y 23% menores que 60% y 30% de ETc, respectivamente, comparado con el 100% de ETc. Los parámetros de crecimiento de las plantas



(altura de la planta, número de hojas e índice de área foliar (IAF) disminuyeron entre el 5% y el 19% al 60% y al 30% ETc, respectivamente, comparada con el 100 % ETc. El rendimiento de malanga fue de 15% y 46% mayor en riego óptimo con respecto al 60% ETc y el 30% ETc, respectivamente. No obstante, la eficiencia del uso del agua se mantuvo sin cambios ($0.22-0.24 \text{ kg m}^{-3}$) en diferentes regímenes hídricos.

Los objetivos del presente estudio fueron evaluar el efecto del riego por aspersión con cañones en el rendimiento de cormo del cultivo de malanga y determinar el uso eficiente del agua a partir de las láminas de riego aplicadas al cultivo en el municipio de Cunduacán, Tabasco.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en una superficie de una hectárea con la Asociación de Productores de malanga de la Ranchería Morelitos (Cumuapa 1ª. Sección) del municipio de Cunduacán, Tabasco, ubicado geográficamente a los $18^{\circ} 01' 23.2''$ LN y $93^{\circ} 01' 11.2''$ LO. El clima de la zona es identificado como cálido húmedo. Según la clasificación de Koeppen modificado por E. García (2004) es: $Am(f)w''(i)g$, donde Am , significa que es un clima cálido-húmedo tropical con lluvias abundantes en verano, f , significa que ocurre un porcentaje de lluvias invernales mayor del 10.2 con respecto a la precipitación total anual, w'' , significa que existe una estación seca y corta en primavera, i' , significa que existe en el área una diferencia de temperatura entre la máxima y la mínima de aproximadamente 6°C , g , indica que el mes más caliente es antes del solsticio de verano.

Los suelos son Fluvisoles éutricos que se caracterizan por tener una saturación de bases igual o mayor que 50 %, entre 20 y 50 cm de profundidad, tienen buena permeabilidad, son profundos, de texturas medias o medias sobre gruesas, de poco desarrollo (presentan únicamente horizontes A y C diferenciados por el grosor del sedimento aluvial), suficientemente ricos en nutrientes y materia orgánica, con buena agregación, muy buena actividad biológica y buen drenaje superficial.

En el año 2012 se implementó un sistema semi-portátil de aspersión con cañones, donde la separación entre laterales y aspersores fue de $36 \times 21 \text{ m}$, el gasto del aspersor es de 6 L s^{-1} a una presión de 3.5 kg cm^{-2} , el diámetro de mojado es de 36 m, para garantizar un área de mojado uniforme se utilizó dicha separación. El tiempo de riego fue de 40 minutos por posición, considerando que el intervalo de riego es de 5 días, de acuerdo con las necesidades hídricas del cultivo, la lámina de riego aplicada en promedio fue 5 mm por día en días completamente despejados.

La aplicación del riego se basó en la ETc, donde los valores de la evapotranspiración de referencia (ET_0) se obtuvieron a partir de datos de evaporación de tanque de una Estación meteorológica tradicional por el coeficiente de tanque asumido igual a 0.8 (Ec. 1).



$$ET_0 = Kt \quad Ev \quad (1)$$

Donde Kt es el coeficiente de tanque asumido igual a 0.8 y Ev es la evaporación en mm por día.

Los valores del coeficiente de cultivo (Kc) para malanga fueron descritos por Fares (2008) con $Kc_{\text{initial}} = 1.05$ (2 meses), $Kc_{\text{med}} = 1.15$ (4 Meses) y $Kc_{\text{late}} = 1.1$ (1 mes). Usando valores de Kc y ET_0 , el requerimiento hídrico del cultivo (ETc) fue calculado, usando el enfoque de coeficiente de cultivo único (Allen *et al.*, 2006).

$$ETc = Kc \quad ET_0 \quad (2)$$

El coeficiente de uniformidad de riego fue definido por Christiansen (1942) para el riego por aspersión que estima la uniformidad de la pluviometría dada por un aspersor o sistema de aspersores (Ec. 3).

$$CU_c = 100 \left(1 - \frac{\sum_1^n |x_i - \bar{x}|}{n\bar{x}} \right) \quad (3)$$

donde:

$|x_i - \bar{x}|$ representa, en valor absoluto, las desviaciones con relación a la media \bar{x} del agua captada por n pluviómetros.

Para la evaluación del sistema de riego por aspersión se utilizó el método propuesto por la Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas (ASAE) Standard S330.1 (ASAE, 1991).



Figura 1. Riego por aspersión con cañones en el cultivo de malanga en Cunduacán, Tabasco.



En el ciclo 2016-2017 con fecha de siembra 5 de diciembre de 2016, se utilizó una densidad de siembra de 38,500 plantas por hectárea, a doble hilera (1.1 m entre camas y 0.5 m entre plantas) en arreglo *tres bolillos*. Se identificaron y aislaron los patógenos: *Fusarium* sp y la enfermedad bacteriana causada por *Erwinia* sp. en el cultivo a la edad de un mes y tres meses, respectivamente. Para el control de *Fusarium* se hizo una aplicación de oxiclورو de cobre en dosis de un kg ha⁻¹ y para el combate de *Erwinia* se hicieron tres aplicaciones de streptomycina + oxtitetraciclina en dosis de un kg ha⁻¹.

La cosecha se inició a finales del mes de julio hasta el 15 de agosto de 2017 y se evaluó el rendimiento de tubérculos obtenidos mediante muestreos realizados en 5 repeticiones en unidades experimentales de 5 x 3 m (15 m²) para seleccionar un total de 24 plantas como parcela útil (3 x 2 m). Se cuantificó el número de cormos sanos y enfermos.

Análisis y discusión de resultados

Evaluación hidráulica del sistema de riego

El sistema de riego por aspersión semi-portátil con cañones que se evaluó, resultó con un Coeficiente de Uniformidad de Christiansen del 64 %, menor que 80%, valor mínimo que se considera como aceptable, lo cual indica que la distribución espacial del agua sobre el terreno no fue satisfactoria, por tal motivo se deberán realizar ajustes en el diseño y operación del sistema. Otro aspecto importante es la velocidad del viento por las mañanas, por lo que se requiere regar preferentemente por las noches, cuando estas velocidades son bajas.

Uso eficiente del agua de riego

En el Cuadro 1 se presentan los rendimientos de cormo y el uso eficiente del agua obtenidos de 2012 a 2016 en función de las láminas de riego aplicadas al cultivo de malanga. Las láminas de riego total variaron de 99 a 111 cm durante un periodo de 7 a 8 meses por ciclo de cultivo, es notorio que en el año 2015 se obtuvo un ligero incremento del UEA mediante el sistema de goteo, sin embargo, el rendimiento del cormo es similar al obtenido por sistema de aspersión en los años 2012 y 2013.

Tabla 1. Uso Eficiente del Agua en el cultivo de malanga (*C. esculenta* L. Schott) con sistema de riego presurizado en el municipio de Cunduacán, Tabasco.

Ciclo agrícola	Rendimiento de cormo (kg ha ⁻¹)	Lámina total de riego (cm)	Uso eficiente del agua (kg m ⁻³)	Sistema de riego
2012	25,200	108	2.33	Aspersión
2013	22,400	111	2.02	Aspersión
2015	24,900	99	2.52	Goteo
2016	20,000	105	1.90	Aspersión

Los valores de UEA son superiores a los encontrados por Mabhaudhi *et al.*, (2013), los cuales varían de 1.9 a 2.33 kgm⁻³ con sistemas de aspersión y de 2.53



kg m⁻³ con sistema de goteo, esto fue debido a las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo.

Una desventaja del sistema de riego por aspersión es que las bacterias y hongos presentes en la plantación pueden diseminarse por el agua de riego, por lo que es importante aplicar la dosis óptima requerida del riego para un mejor control, eso no ocurre con los sistemas de goteo debido a que la aplicación de la lámina de riego se realiza en la zona radical del cultivo.

Rendimiento de cormos y cormelos en el ciclo 2016-2017

En el Cuadro 2 se presentan los rendimientos de cormo y cormelos de la parcela útil cosechada en cinco repeticiones, así como el porcentaje de daños causados por *Erwinia* sp. en el cormo. Se puede observar que dicho patógeno causó daño en un 25.2 % de incidencia respecto del total de cormos cosechados. El rendimiento promedio fue de 10,454.2 y 4,512 kg ha⁻¹ de cormos y cormelos, respectivamente, los cuales se consideran bajos, tomando en cuenta que el rendimiento promedio regional es de 20,000kg ha⁻¹. El bajo uso eficiente del agua en un sistema de riego por aspersión puede ocasionar aumento en el daño por *Erwinia* sp. debido a que se presentan condiciones de humedad favorables para incrementar la incidencia y severidad de estos daños. Para el control de esta enfermedad, no es suficiente el control químico, es conveniente considerar un control integral a través de la mejora del Uso Eficiente del Agua de riego.

Tabla 2. Rendimiento de cormos y cormelos de malanga obtenidos en el ciclo 2016-2017 en Cunduacán, Tabasco.

Rep.	Cormos			Cormelos		
	No. Sanos	% Incidencia por <i>Erwinia</i> sp.	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	No. Cormelos	Promedio por planta	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)
1	15	31.8	8000.0	300	20.0	3791.67
2	17	19.0	10958.3	293	17.2	2250
3	15	37.5	8000.0	248	16.5	6083.33
4	17	29.2	11854.2	521	30.6	4625
5	22	8.3	13458.3	366	16.6	5812.5
Promedio	17.2	25.2	10454.2	346	20.2	4512.5

En cuanto al número de cormelos, el promedio fue de 20.2 por planta con un rendimiento promedio de 4512.5 kg ha⁻¹.



Figura 2. Daño causado por *Erwinia* sp, en el cultivo de malanga con riego por aspersión con cañones en Cunduacán, Tabasco.

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos se concluye que el sistema de riego por aspersión con cañones tuvo un coeficiente de uniformidad bajo, menor al valor mínimo aceptable.

La productividad del agua obtenida en el cultivo de malanga con riego por aspersión de 2012 a 2016 variaron de 1.9 a 2.33 kg m⁻³, la cual puede mejorarse si se usa un sistema de riego localizado (goteo) e incrementarse la productividad del cultivo.

El rendimiento de cormo obtenido en el ciclo 2016-17 fue bajo (10.4 t ha⁻¹) por la incidencia de *Erwinia* sp. que redujo en 25.2 %, el rendimiento promedio de la región.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el financiamiento otorgado al proyecto PN-1153:GENERACIÓN DE TECNOLOGÍA PARA LA PRODUCCIÓN SUSTENTABLE Y USO INTEGRAL DE MALANGA Y YUCA EN TABASCO Y VERACRUZ, MÉXICO.

Referencias Bibliográficas

ASAE Standards 1991. Standards, engineering practices and data. American Society of Agricultural Engineers. 38th. Ed. Christiansen, J.E. 1942. Irrigation by Sprinkling. |California Agricultural Experiment Station. Bulletin No. 670. Berkeley.

García E. 2004. Modificaciones al Sistema de clasificación climática de Kööpen. Universidad Nacional Autónoma de México. 98 p.



- FAOSTAT. 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Trade. Disponible en: <<http://faostat.fao.org/site/345/default.aspx>>, (ref. Febrero 2016).
- Fares, A. 2008. Water management software to estimate crop irrigation requirements for consumptive use permitting in Hawaii. Final Report, University of Hawai'i at Mānoa. <http://hawaii.gov/dlnr/cwrm/publishedreports/PR200808.pdf> (accessed 01.06.10).
- Kaushal, P., Kumar V. and Sharma K.H. 2015. Utilization of taro (*Colocasia esculenta*): a review. *J. Food Sci. Technol.* 52(1):27–40
- Mabhaudhi, T., Modia, T. A, and Beletse G. Y. 2013. Response of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) landraces to varying water regimes under a rainshelter. *Agricultural Water Management* 121:102– 112.
- Pérez V.L. 2011. Rendimiento y adaptabilidad del cultivo de malanga. Centro de validación y transferencia de tecnología de Sinaloa A.C SAGARPA, Fundación Produce Sinaloa A.C. www.fps.org.mx/.../index.php?option (consultado 19/01/2015).
- Sahoo, M.R., Madhumita, D., Mukherjee, A., 2006. Effect of in vitro and in vivo induction of polyethylene glycol-mediated osmotic stress on hybrid taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). *Annals of Tropical Research* 28, 1–11.
- Uyeda, J., Radovich, T., Sugano, J., Fares, A., Paull, R., 2011. Effect of irrigation regime on yield and quality of three varieties of taro (*Colocasia esculenta*). *Hanai' Ai/The Food Provider*, May–April, 2011. pp 1–3. Available at. <http://www.ctahr.hawaii.edu/sustainag/news/articles/V7-Uyeda-taro.pdf>.