

NIVELES DE EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL EN LA PRODUCCIÓN DE CHILE HABANERO

Potential Evapotranspiration Levels in Production of Habanero Pepper

Alfonzo Pérez-Gutiérrez,^{1†} Agustín Pineda-Doperto², Luis Latournerie-Moreno¹,
William Pam-Pech¹ y Claudio Godoy-Ávila³

RESUMEN

Con la finalidad de mejorar el uso eficiente del agua en la producción de chile (*Capsicum chinense* Jacq.) habanero en Yucatán, México, se realizó un estudio para analizar el efecto de cinco fracciones de la evapotranspiración de referencia (ET_o) calculados a partir de los registros diarios de la evaporación del tanque clase A. Los tratamientos consistieron en regar con el 60, 80, 100 y 120% de la ET_o y un adicional donde se aplicó un incremento gradual de acuerdo con la fenología del cultivo (40, 60, 80 y 100% de la ET_o). Para la aplicación de los riegos se utilizó el sistema de goteo con cinta calibre 18 000, con goteros cada 40 cm y un gasto por emisor de 2 L h⁻¹. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, siendo la unidad experimental de 30 m² con 78 plantas. Se evaluó la altura final de la planta, rendimiento de ocho cortes y la eficiencia en el uso de agua. Asimismo, con un tensiómetro se determinó la tensión de la humedad del suelo cada 72 h a una profundidad de 30 cm. La transpiración y la conductancia estomática se midieron con un porómetro entre las 8:00 y 18:00 h a los 34 y 79 días después del trasplante. La altura final de la planta fue mayor cuando se regó con el 80% de la ET_o . En este mismo tratamiento se obtuvo el mejor rendimiento con 23.47 Mg ha⁻¹ de fruto, representando la mejor eficiencia de 9.28 kg m⁻³ de agua. El mejor rendimiento tuvo relación directa con los valores altos de transpiración y conductancia estomática y, a su vez, estas variables fueron mejores con una tensión

promedio de la humedad del suelo de 10.8 kPa, siendo en este caso el generado por el 80% de la ET_o .

Palabras clave: *Capsicum chinense* Jacq., riego, humedad del suelo, transpiración, rendimiento, uso de agua.

SUMMARY

In order to improve water use efficiency in habanero chili pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) production in Yucatan, Mexico, an experiment was conducted to observe the effect of five fractions of the reference evapotranspiration (ET_o) measured from the daily records of a class A pan evaporation. The treatments were irrigation with 60, 80, 100, and 120% ET_o , and an additional treatment in which a gradual increment was applied according to crop phenology (40, 60, 80, and 100% of the ET_o). Irrigation was applied through a drip system with a 18 000-gauge tape, with drippers every 40 cm and a flow rate per emitter of 2 L h⁻¹. The treatments were arranged in a random complete block design with four replications; each experimental unit consisted of 30 m² with 78 plants. Plant height, yield of eight harvests and water use efficiency were evaluated. Furthermore, a tensiometer was used to measure soil water tension every 72 h at a depth of 30 cm. Plant transpiration and stomatic conductance were measured with a porometer between 8:00 and 18:00 h at 34 and 79 days after transplant. Final plant height was higher when it was irrigated with 80% of the ET_o . The same treatment obtained the highest yield with 23.47 Mg ha⁻¹ of fruit, resulting in the best water use efficiency of 9.28 kg m⁻³. The highest yield was directly related with the high values of transpiration and stomatic conductance rates. These two factors were higher with an average soil water tension of 10.8 kPa, which was generated by 80% of the ET_o .

Index words: *Capsicum chinense* Jacq., irrigation, soil moisture, transpiration, yield, water use.

¹ Instituto Tecnológico de Conkal. Km 16.3 antigua carretera Mérida-Motul, Yucatán, México.

[†] Autor responsable (aperezg@itaconkal.edu.mx)

² Instituto Tecnológico de Tizimín. Km 2 frente al aeropuerto Cupul, Yucatán, México.

³ Campo Experimental La Laguna. Apartado Postal 247, Torreón, Coahuila, México.

INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum* spp.) además de ser uno de los principales ingredientes de la gastronomía mexicana, es uno de los cultivos que generan más empleos y divisas en el país. Durante el 2003, se establecieron en México 151 314 ha de chile que representó el 10.5% de la superficie sembrada en el mundo y se cosecharon alrededor de 2 080 568 Mg, de las cuales el 73% fue aportado por los estados de Zacatecas, Chihuahua, Sinaloa, San Luis Potosí, Durango y Yucatán. Las principales variedades utilizadas fueron: serrano, jalapeño, chipotle, morrón y habanero (SAGARPA, 2004).

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) ocupa un lugar muy importante en la dieta de la población yucateca (Cázares y Duch, 2002) y se ha convertido en un símbolo y ejemplo en pungencia para el resto de los cultivares, debido a su alto contenido de capsaicinoides (Zewdie y Bosland, 2000; Cázares *et al.*, 2005). Este compuesto ha sido determinante en el incremento en su demanda en el mercado nacional e internacional debido a su amplia utilización en la medicina, cosméticos, pinturas, gases lacrimógenos, salsas, etc. (Soria *et al.*, 2002). Esta propiedad del fruto ha sido clave para que más superficie se esté destinando para su producción y además se estén buscando nuevas formas de producir.

La producción de chile habanero ha sido limitada por una serie de factores entre los que se encuentran la incidencia de plagas y enfermedades, control de la nutrición y programación eficiente del riego; este último es muy notorio en la región, ya que el 80% de las lluvias ocurren principalmente en los meses de verano y otoño, presentándose el 20% durante el resto del año. En la época con menos lluvia se requiere del suministro de agua a través de los sistemas de riego y al respecto no se tiene cuantificada la cantidad de agua que se requiere aplicar al suelo. Por otro lado, es muy común que los sistemas de riego se operen por tiempos prolongados, generándose pérdidas de agua por percolación profunda y, por lo tanto, contaminación de las aguas freáticas por la lixiviación de sales presentes en el suelo o las aplicadas directamente a través del mismo sistema. Lo anteriormente expuesto genera una baja eficiencia en el uso del agua y los fertilizantes.

Estudios realizados por Godoy *et al.* (2003) mencionan que modificando el porcentaje de la evapotranspiración potencial o de referencia (ET_o)

se puede estimar el volumen de agua para un cultivo en particular. Uno de los métodos que ha tenido resultados satisfactorios para estimar la ET_o es mediante la medida de la evaporación en el tanque clase "A" dado que integra el efecto de radiación, viento, temperatura y humedad para un lugar específico (Tijerina, 1999). En este sentido, González y Hernández (2000) encontraron que cuando se recupera la humedad del suelo en un 80% de la ET_o en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*) se mejora el rendimiento y resulta ser el más eficiente en el uso del agua. Con base en lo anterior se realizó un estudio cuyo objetivo principal fue el de estudiar diferentes porcentajes de la evapotranspiración de referencia (ET_o) en la producción de chile habanero en el oriente de Yucatán.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el área experimental del Instituto Tecnológico Agropecuario de Tizimín, Yucatán. Según la clasificación de Köppen, modificada por García (1981), el clima que predomina en esta región es cálido subhúmedo AWO (x') (i')g con una temperatura media anual de 25.5 °C y una precipitación promedio anual de 1154 mm. El trasplante se realizó en la última semana de febrero del 2004 cuando las plantas tenían 15 cm de altura en promedio y consistió en plantar a una distancia de 0.40 y 1.20 m entre plantas e hileras, respectivamente. Para la aplicación del riego se utilizó el sistema de goteo con cinta calibre 18 000, con goteros cada 0.40 m y un gasto por emisor de 2 L h⁻¹ a una presión de operación de 1 kg cm⁻². El experimento consistió en evaluar la respuesta de cinco niveles de riego calculados a partir de los registros diarios de evapotranspiración de referencia (ET_o) que se estimó con base en la evaporación medida en el tanque clase "A". Los tratamientos consistieron en regar con el 60 (T_1), 80 (T_2), 100 (T_3) y 120% (T_4) de la ET_o y una distribución gradual de acuerdo con la etapa fenológica del cultivo (T_5), con el siguiente criterio: 40 (crecimiento), 60 (floración), 80 (inicio de crecimiento de frutos) y 100% de la ET_o (primera cosecha). Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, siendo la unidad experimental de 30 m² con 78 plantas. Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS, Versión JMP 3.2.5 (SAS Institute, 1989) y la comparación de medias mediante la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$). Se evaluaron las siguientes variables: a) altura final de planta, b) transpiración, c) conductancia

estomática, d) rendimiento del cultivo, e) tensión de humedad del suelo y f) consumo de agua. La tensión de humedad del suelo se registró entre las 8:00 y 9:00 h de la mañana cada 72 h a una profundidad de 30 cm. Los registros de la tensión de humedad se obtuvieron con un tensiómetro (marca IRROMETER) instalado dentro de la parcela útil de cada unidad experimental. La transpiración y la conductancia estomática se midieron con un porómetro (ELWE Lehrsysteme, Steady State Porometer Model L1-1600) a los 34 y 79 días después del trasplante (DDT); estos muestreos se realizaron desde las 8:00 hasta las 18:00 h, se muestrearon tres plantas tomadas al azar en cada unidad experimental.

Estimación de los Riegos

Al inicio del estudio se recuperó la humedad del suelo a capacidad de campo con una lámina de 5.6 cm considerando una profundidad de humedecimiento del suelo de 40 cm; ésta es la profundidad donde se localizan más del 80% de las raíces absorbentes de las hortalizas (Soria *et al.*, 2002). Para calcular la lámina de riego se consideraron parámetros importantes del suelo y posteriormente se utilizó la siguiente fórmula (Tijerina, 1999).

$$Lr = [(\theta_{cc} - \theta_{pmp})/100] * \rho_a * Pr$$

donde: Lr = lámina de riego (cm), θ_{cc} = humedad a capacidad de campo (%), θ_{pmp} = humedad a punto de marchitez permanente (%), ρ_a = densidad aparente ($g\ cm^{-3}$), Pr = profundidad radical (m).

Evapotranspiración de referencia

El volumen de agua aplicado al suelo se estimó mediante el comportamiento de la evapotranspiración de referencia (ET_o) y ésta a su vez se determinó mediante el método de evaporación del tanque evaporímetro clase "A". Para ello se utilizaron los registros diarios de la evaporación de tanque, velocidad del viento y humedad relativa de la estación meteorológica del Instituto Tecnológico Agropecuario de Tizimín. Para calcular la ET_o se utilizó la ecuación:

$$ET_o = E_o * K_t$$

donde: ET_o = evapotranspiración de referencia ($mm\ d^{-1}$), E_o = evaporación registrada en el tanque clase "A"

($mm\ d^{-1}$), K_t = coeficiente del tanque, el cual considera el medio ambiente que rodea al tanque evaporímetro (Doorenbos y Pruitt, 1977).

Requerimiento de Riego. Para considerar el volumen de agua aportado a través de la precipitación se usó la fórmula propuesta por Ojeda y Herrera (2000). El riego se efectuó cada tercer día después de hacer la lectura de los tensiómetros y para obtener la lámina a aplicar en ese día se utilizó la ecuación:

$$R_{eq} = (ET_o - P_e) * K_c$$

donde: R_{eq} = requerimiento de riego por día ($mm\ d^{-1}$), ET_o = evapotranspiración de referencia ($mm\ d^{-1}$), P_e = precipitación efectiva ($mm\ d^{-1}$), K_c = coeficiente de los tratamientos (porcentaje de la ET_o).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de Planta

El crecimiento final de la planta estuvo fuertemente relacionado con el contenido de humedad del suelo (Figura 1). La altura final presentó un comportamiento cuadrático, ya que se tuvo un crecimiento ascendente al aplicar el T_1 , T_2 y T_3 que representó una lámina total de agua aplicada al suelo durante todo el ciclo de 2199.5, 2389.75 y 2529.08 $m^3\ ha^{-1}$, respectivamente; posteriormente, un mayor volumen de agua de riego no generó incremento en la variable, siendo en este caso un comportamiento descendente. La mejor altura se obtuvo al aplicar el 80% de la ET_o (T_2) con 73.33 cm, y sólo mostró diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$) con el tratamiento con menos humedad en el suelo (T_1). La diferencia en altura de planta de estos tratamientos fue de 12% y se debe a una reducción del 20% en la lámina de riego aplicada al T_1 . Este comportamiento es inferior a lo observado por Kirnak *et al.* (2001) en plantas de berenjena (*Solanum melongena*), al observar una reducción del 46% de la altura de la planta cuando se aplicó únicamente el 40% de la capacidad de campo. Un suelo con menor humedad provoca en la planta realizar ajustes necesarios para generar un potencial hídrico más negativo en la raíz para promover la absorción de agua. Este mecanismo es el ajuste osmótico, al cual Parra *et al.* (1999) lo reportan como la habilidad de las plantas para acumular solutos de forma activa ante un déficit hídrico. Sin embargo, irrigar en manera excesiva no implica que el proceso de crecimiento sea mayor, ya que al haber

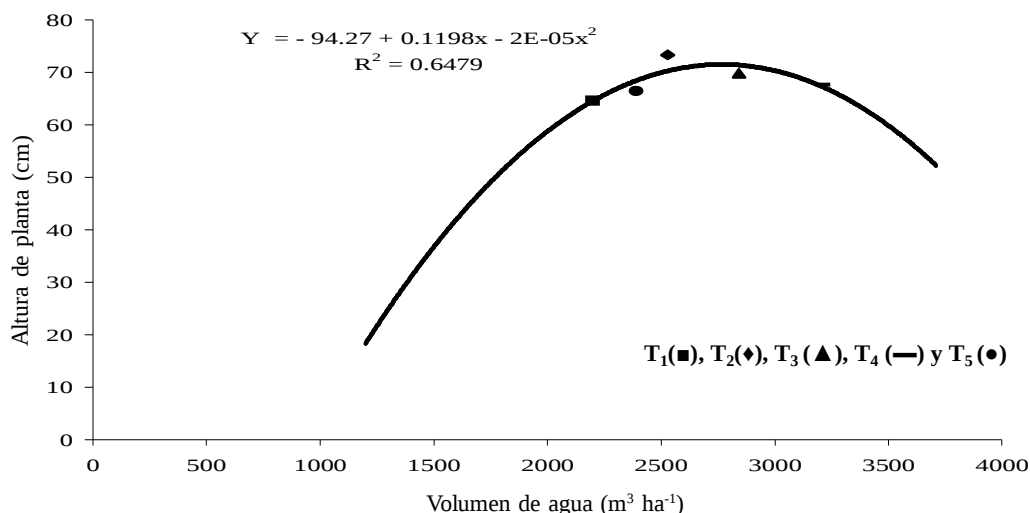


Figura 1. Altura final de la planta de chile habanero en respuesta a diferentes fracciones de la evapotranspiración de referencia registrada en el oriente de Yucatán. Cada punto se obtuvo con el promedio de las cuatro unidades experimentales, siendo 10 las plantas muestreadas por cada unidad experimental. $T_1 = 60$, $T_2 = 80$, $T_3 = 100$, $T_4 = 120$ y $T_5 = 40, 60, 80$ y 100% de ET_0 .

mayor humedad se disminuye el porcentaje de oxígeno en la atmósfera del mismo, provocando así, una disminución de la actividad radical; al respecto, los tratamientos con mayor cantidad de agua recuperada en el suelo fueron estadísticamente iguales al tratamiento con menos volumen de agua aplicado.

Rendimiento

Fabeiro *et al.* (2002) mencionan que el rendimiento de las plantas tienen un comportamiento lineal cuando se incrementa la humedad del suelo, pero llegan a un nivel en donde un mayor contenido de humedad no se traduce en un mayor rendimiento. Al respecto, en el Cuadro 1, se observa que al regar con el 60 y 80% de

la ET_0 se ubicaron dentro del comportamiento lineal y entre estos la máxima producción de frutos, sin embargo; aplicar el riego con el 80% de la ET_0 se obtuvo 23.5 Mg ha^{-1} suficiente para generar diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$) con T_1 y el resto de los tratamientos en los cuales se aplicó un mayor volumen de agua. Este comportamiento fue similar a lo observado en la altura final de la planta y, como en su caso, se debió a la distribución adecuada de la humedad y disponibilidad de oxígeno en el suelo, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de la planta. Estos resultados coinciden con un estudio realizado en condiciones de suelo pedregoso de Yucatán por González y Hernández (2000), ya que los rendimientos más elevados del tomate y la mejor eficiencia en el uso del agua se encontró al recuperar el 80% de la ET_0 .

Cuadro 1. Rendimiento, volumen de agua aplicado y eficiencia en el uso del agua (EUA) en chile habanero bajo diferentes fracciones de la evapotranspiración potencial en el oriente de Yucatán.

Tratamiento	% ET_0	Volumen de agua aplicada			Rendimiento [†]	EUA
		Riego	Precipitación	Total		
		$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$			Mg ha^{-1}	kg m^{-3}
T_1	60	1893.6	306	2199.6	17.0 b	7.7
T_2	80	2223.1	306	2529.1	23.5 a	9.3
T_3	100	2535.9	306	2841.9	19.3 ab	6.8
T_4	120	2904.2	306	3210.2	20.0 ab	6.2
T_5	40, 60, 80 y 100	2083.8	306	2389.8	17.2 b	7.2

[†] Medias con la misma literal en la columna son estadísticamente iguales (Duncan, $P \leq 0.05$).

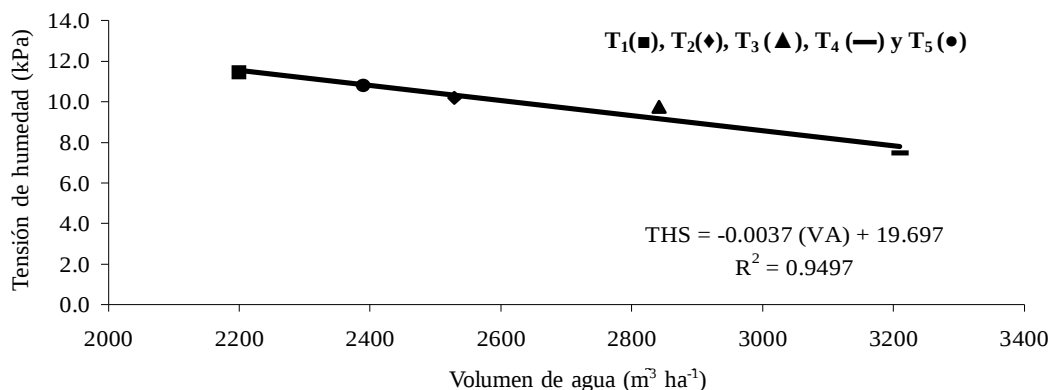


Figura 2. Efecto de cinco fracciones de la evapotranspiración potencial en la tensión de humedad del suelo en el oriente de Yucatán. T₁ = 60, T₂ = 80, T₃ = 100, T₄ = 120 y T₅ = 40, 60, 80 y 100% de ET_o.

Uso del Agua

El uso eficiente del agua de los diferentes tratamientos analizados en este estudio se muestra en el Cuadro 1. La lluvia registrada durante el ciclo de producción representó un 13.9, 12.0, 10.7, 9.0 y 12.8% del total de agua para T₁, T₂, T₃, T₄ y T₅, respectivamente. En el T₄ se aplicó durante todo el ciclo 3210.2 m³ ha⁻¹ que representó 11.5, 21, 31.5 y 26.5% más agua al aplicado en T₃, T₂, T₁ y T₅, respectivamente. El mayor rendimiento de chile habanero se obtuvo al aplicar 2529.1 m³ ha⁻¹ (T₂) y en el cual se cosecharon 23.5 Mg ha⁻¹ de fruto, representando la mejor eficiencia con 9.3 kg de fruto por cada m³ de agua. Con una eficiencia de 7.74 kg de fruto por cada m³ de agua se ubicó en segundo sitio el T₁, en donde se generó una producción de 17.0 Mg ha⁻¹; sin embargo, éste tratamiento no superó en rendimiento a los tratamientos con más volumen de agua aplicada al suelo (T₃ y T₄), aunque las eficiencias de estos tratamientos fueron más bajas. Estos resultados coinciden con los obtenidos por González y Hernández (2000) quienes encontraron una eficiencia de 8.3 kg de fruto de tomate rojo por cada m³ de agua aplicada en el tratamiento con una recuperación del 80% de la ET_o.

Tensión de la Humedad del Suelo

En la Figura 2, se observa que la relación entre los niveles de humedad del suelo tiene un comportamiento inversamente proporcional con la tensión del suelo. Para recuperar la humedad del suelo con el tratamiento con mayor volumen de agua (T₄) se tuvo una presión promedio de succión de 7.5 kPa, condición que no se tradujo en un mayor crecimiento y rendimiento de

la planta, ya que los mejores resultados agronómicos se obtuvieron aplicando el T₂, en el cual se tuvo una tensión promedio de 10.8 kPa. Al respecto, Pérez y Cigales (2001) mencionan que los niveles óptimos de tensión de humedad del suelo para producir melón están por debajo de los 10 kPa. Sin embargo, conforme se incrementa la tensión de humedad del suelo, la producción de biomasa radical y rendimiento de la papa son afectados (Villafañe, 1998). Las plantas realizan ajustes en el sistema radical para mantener un gradiente de potencial favorable que permita la absorción de agua del suelo. Los resultados indican que los tratamientos con mayor humedad del suelo generaron menor ajuste para la absorción de agua; no obstante; es preciso señalar que este factor no es el único que está involucrado para que las raíces tengan una mayor absorción, ya que una menor tensión en el suelo implica un mayor grado de saturación del suelo, lo que significa que el agua ocupa la mayoría de los poros del suelo generando un desplazamiento de oxígeno (esencial en el proceso de respiración de las raíces de la planta) que causa una disminución en la absorción y con esto un decremento en la conductancia estomática y transpiración, repercutiendo esto en la producción de biomasa. Estos resultados coinciden con los reportados por Ferreyra *et al.* (2004) quienes señalan que en cultivo de vid (*Vitis vinifera* L.) durante los periodos en que se repuso el 100% de la ET_o, la tensión de humedad se mantuvo entre 10 y 15 kPa, asimismo, se encontraron valores desde 65 y 75 kPa al aplicar el 40% de la ET_o.

Conductancia Estomática

En la Figura 3a₁ y 3a₂ se muestra el comportamiento de la conductividad estomática registrada entre

las 8:00 y 18:00 h a los 34 y 79 DDT. Según Salisbury y Ross (1994), la conductividad estomática es directamente proporcional a la transpiración. Es por eso que no resulta extraño el paralelismo observado entre la conductividad estomática y la transpiración (T) durante este estudio.

La conductividad estomática a los 34 DDT (Figura 3a₁) fue más alta en comparación con lo obtenido a los 79 días (Figura 3a₂). A los 34 DDT la conductividad estomática durante la tarde y parte de la mañana fueron bajas en comparación con las horas del medio día, debido a la baja salida de vapor de agua de la cámara estomática como una consecuencia de una menor necesidad de enfriamiento que con la hora de máxima transpiración (Figura 3b₁). El promedio diario de la conductividad estomática en todos los tratamientos fue similar, ya que se observó únicamente una variación entre 2 y 9%. Este comportamiento no coincidió con lo observado a los 79 DDT (Figura 3a₂), ya que aplicando T₂ y T₃ tuvieron una conductividad estomática promedio

durante el día de 185 mmol m⁻² s⁻¹, siendo superiores en un 16% con respecto al T₁. Asimismo se observa que la menor conductividad estomática se tuvo entre las 12:00 y 16:00 h del día, representando este intervalo como el período crítico.

Transpiración

El comportamiento de la transpiración (T) a los 34 y 79 DDT estuvo relacionada con las cantidades de agua recuperada al suelo (Figura 3b₁ y 3b₂). En este primer muestreo los valores de T fueron altos si se comparan con el segundo muestreo aunque el promedio por día no fue superior al 7% entre uno y otro tratamiento. Los valores de la transpiración a los 79 DDT también tuvieron un comportamiento paralelo con los valores de la conductancia estomática. En este segundo muestreo se observó que los tratamientos T₄ y T₁ fueron los menos favorecidos, sobresaliendo el T₂ y T₃. En este caso se puede mencionar que los tratamientos con mayor (T₄) y

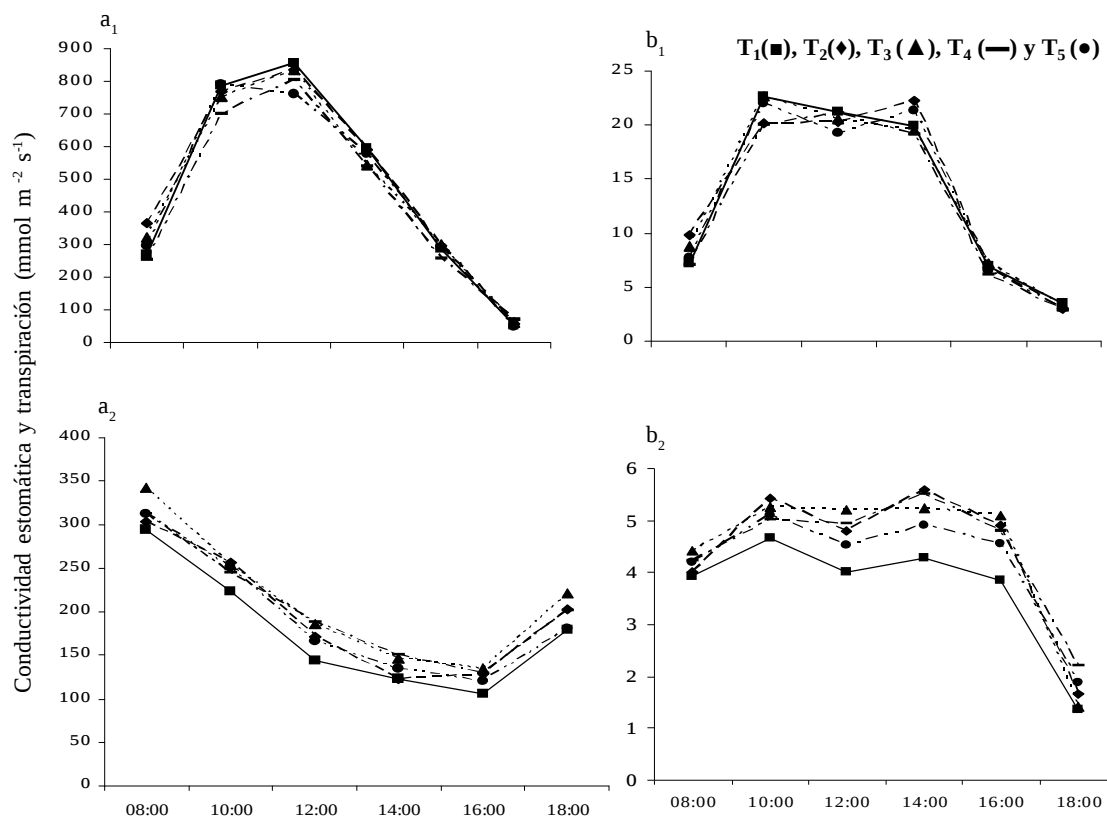


Figura 3. Respuesta de niveles de evapotranspiración potencial en la conductividad estomática y transpiración de la hoja de chile habanero entre las 8:00 y 18:00 h del día 34 (a₁- b₁) y 79 (a₂- b₂) después del transplante, en el oriente de Yucatán. Conductividad estomática (a₁- a₂) y transpiración (b₁- b₂). T₁ = 60, T₂ = 80, T₃ = 100, T₄ = 120 y T₅ = 40, 60, 80 y 100% de ET_o.

menor (T_p) cantidad de agua recuperada al suelo tuvieron efecto negativo en la transpiración. Para el primer caso pudo haberse saturado el espacio poroso del suelo y, por lo tanto, generarse inactividad radical. En el otro caso, es posible que las raíces invirtieran mayor esfuerzo para vencer la tensión de humedad que generaron las partículas del suelo y las sales, esto último coincide con lo reportado por Parra *et al.* (1999), al mencionar que la tasa de transpiración foliar de la zarzamora cv. Cheyenne (*Rubus* spp.) fue 30% menor en plantas donde se le suspendió el riego durante 23 días en comparación con el tratamiento de riego frecuente. La transpiración tuvo correlación con el rendimiento y la altura final de las plantas, debido posiblemente a un mayor intercambio de CO_2 entre la atmósfera de la hoja y cámara estomática, ya que en los tratamientos con mayor transpiración (apertura estomática) se observaron mejores resultados en las variables agronómicas.

CONCLUSIONES

Al estimar el riego con el 80% de la evapotranspiración potencial medida en un tanque clase "A" bajo las condiciones de clima y suelo del oriente de Yucatán, se genera una tensión de humedad del suelo más favorable para la transpiración y la conductancia estomática de la hoja de chile habanero y bajo las mismas condiciones se incrementa el rendimiento y se mejora el uso del agua.

RECOMENDACIONES

En este trabajo no se consideró el manejo de la fertilización por tratamiento para corregir la influencia del potencial osmótico sobre el potencial hídrico del suelo, siendo éste un factor que se debe de tener en cuenta para estudios posteriores, asimismo se deben de considerar variables para el análisis de la producción, acumulación y distribución de la materia seca en la planta.

LITERATURA CITADA

Cázares-Sánchez, E. y J. Duch. 2002. La diversidad genética de las variedades locales de maíz, frijol, calabaza y chile, y su relación con características culinarias. pp. 69. In: J. L. Chávez, J. Tuxill y D. I. Jarvis (eds.). Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia.

Cázares-Sánchez, E., P. Ramírez-Vallejo, F. Castillo-González, R. M. Soto Hernández, M. T. Rodríguez-González y

J. L. Chávez-Servia. 2005. Capsaicinoides y preferencia de uso en diferentes morfotipos de chile (*Capsicum annum* L.) del centro-oriente de Yucatán. Agrociencia 39: 627-638.

Doorenbos, J. and W. O. Pruitt. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. Irrigation and drainage paper 24. FAO. Rome, Italy.

Fabeiro, C., F. Martín de Santa Olalla, and J. A. De Juan. 2002. Production of muskmelon (*Cucumis melo* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. Agric. Water Manage. 54: 93-104.

Ferreira E., R., G. Selles V., J. Peralta A., L. Burgos R. y J. Valenzuela B. 2004. Efecto del estrés hídrico aplicado en distintos periodos de desarrollo de la vid cvar. Cabernet sauvignon en la producción y calidad del vino. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile.

García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F.

Godoy-Avila, C., A. Pérez-Gutiérrez, C. Torres-E., L. J. Hermosillo y I. Reyes-J. 2003. Uso de agua, producción de forraje y relaciones hídricas en alfalfa con riego por goteo subsuperficial. Agrociencia 37: 107-115.

González-Meza, A. y B. A. Hernández-Leos. 2000. Estimación de las necesidades hídricas del tomate. Terra 18: 45-50.

Kimak, H., C. Kaya, I. Tas, and D. Higg. 2001. The influence of deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in eggplants. Bulg. J. Physiol. 27: 34-46.

Ojeda-Bustamante, W. y J. C. Herrera-Ponce. 2000. Uso eficiente del agua y la energía en sistemas de bombeo. Calendarización del riego. Comisión Nacional del Agua-Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México, D. F.

Parra-Quezada, R. A., J. L. Rodríguez-Ontiveros y V. A. González-Hernández. 1999. Transpiración, potencial hídrico y prolina en zarzamora bajo déficit hídrico. Terra 17: 125-130.

Pérez-Zamora, O. y M. Cigales-Rivero. 2001. Tensión de humedad del suelo y fertilización nitrogenada en melón Cantaloupe. Agrociencia 35: 479-488.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2004. Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. México, D. F.

Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Editorial Iberoamérica. México, D. F.

SAS Institute. 1989. SAS User's guide: basics. Versión JMP 3.2.5. SAS Institute. Cary, NC, USA.

Soria-Fregoso, M., J. A. Trejo-Rivero, J. M. Tun-Suárez y R. Terán-Saldivar. 2002. Paquete tecnológico para la producción de chile habanero. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2. Conkal, Yucatán, México.

Tijerina-Chávez, L. 1999. Requerimientos hídricos de cultivos bajo sistemas de fertirrigación. Terra 17: 237-245.

Villafañe, R. 1998. Efectos de déficit hídricos sobre el rendimiento y calidad de la batata (*Ipomea batatas* L.). Agron. Trop. 48: 489-500.

Zewdie, Y. and P. W. Bosland. 2000. Evaluation of genotype, environment, and genotype-by-environment interaction for capsaicinoids in *Capsicum annum* L. Euphytica 111: 185-190.