

USO DE TEMPERATURA INFRARROJA PARA PROGRAMACION DE RIEGO EN MENTA (*Mentha piperita* L.)¹

Use of infrared temperature for irrigation scheduling in peppermint (*Mentha piperita* L.)

Iván Gallardo A.², Richard H. Cuenca³, Marshall English³ y Allan Mitchell³

SUMMARY

Infrared canopy temperature in peppermint (*Mentha piperita* L.) under five irrigation treatments was used in order to determine its potential for irrigation scheduling.

The Crop Water Stress Index (CWSI) determined from canopy temperature, air temperature and vapor pressure deficit (Vpd), at midday can be used in irrigation scheduling.

The upper baseline for the CWSI was set at a difference between canopy and air temperature of 6.6 °C, the lower baseline measured was.

$$\Delta t = 1.32 - 0.98 \text{ Vpd}; r^2 = 0.69.$$

Key words: *Mentha piperita*, infrared temperature, irrigation, CWSI, scheduling.

INTRODUCCION

Entre las numerosas técnicas que existen para determinar una programación de riego eficiente, se pueden distinguir aquellas que están directamente relacionadas con la condición de la planta, y otras que se basan en el ambiente que las circundan. Métodos que usan mediciones ambientales, tales como contenido de agua en el suelo, temperatura del aire, y radiación solar, están relacionados con los requerimientos de las plantas a través de algún factor matemático o estadístico obtenido normalmente en forma empírica. Todos esos métodos son consumidores de tiempo, sujetos a diversas restricciones de aplicación y asociadas a variadas fuentes de error. Por otra parte, la condición hídrica de la planta refleja mejor la integración de la demanda atmosférica, potencial de agua en el suelo, densidad y distribución de raíces y el estado de desarrollo general del cultivo. Por estos motivos, las mediciones deben ser hechas en la planta, y no en suelo o en la atmósfera, para obtener el verdadero valor del déficit hídrico de la planta.

Este estudio describe mediciones del estrés de agua en la planta, empleando un termómetro infrarrojo para medir la radiación infrarroja emitida desde la menta.

La temperatura de la cubierta vegetal es un indicador de la respuesta de las plantas a factores del ambiente que pueden modificar su fisiología. Inadecuado contenido de agua en el suelo causa que las plantas transpiren a una tasa menor que la demanda evaporativa de la atmósfera (Kramer, 1974). El agua durante el proceso de transpiración enfría las hojas. Cuando el agua comienza a ser escasa, la transpiración disminuye, por lo que la temperatura de la hoja aumenta (Baldochi y otros, 1983; Monchas, Parikh y Srinivasan, 1974; Tanner, 1968).

El principal objetivo de este experimento fue probar el uso de la temperatura de cubierta vegetal en programación de riego, para lo cual evaluó el grado de correlación entre temperatura de la cubierta vegetal y el contenido de humedad en el suelo, área foliar, y evapotranspiración.

MATERIALES Y METODOS

Este estudio se realizó en el campo experimental del Centro Agrícola de Oregon Central, en la ciudad de Madras, EE.UU., en el verano de 1991.

¹Recepción de originales: 4 de diciembre de 1992.

²Estación Experimental Quilmapu (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

³Department of Bioresource Engineering, Oregon State University, Corvallis, EE.UU.

El experimento se condujo en menta de primer año, regada a cinco diferentes tasas de riego, usando el diseño descrito por Hanks y otros (1976). Temperatura de cubierta y temperatura del aire y déficit de presión de vapor (Dpv), fueron medidas con un instrumento llamado Scheduler Plant Stress-Monitor, fabricado por la Standard Oil de Ohio.

El suelo fue clasificado como "Madras loam", con menos de 1% de pendiente, moderadamente profundo, con textura media, presentando un "hardpan" endurecido a 75 cm, aproximadamente. Permeabilidad moderada, el agua disponible del suelo varió entre 0,12 a 0,25 cm de agua por centímetro de suelo durante el desarrollo del experimento. La profundidad efectiva de raíces fue 50 a 75 cm.

Cada unidad experimental consistió de una franja de 5 m de ancho y 15 m de largo. La menta fue plantada en hileras de 70 cm de ancho, paralelas a la línea de aspersión (Hanks y otros, 1980), con cuatro repeticiones, seleccionadas al azar desde la parcela principal.

El diseño estadístico usado es similar a un bloque dividido, que, a su vez, es una variación del diseño de parcela dividida (Hanks y otros, 1976).

La cantidad de agua aplicada en cada riego varió desde 110 a 45% de los requerimientos de la menta, midiéndose en los tratamientos de 110 (T₁), 90 (T₂), 70 (T₃), 55 (T₄) y 45% (T₅), que cubren un rango de requerimiento completo a deficiente (Watts y otros, 1968), con una frecuencia de riego de cinco días.

La respuesta de la temperatura de la menta a los diferentes niveles de riego fue analizada usando el método del "Índice de estrés de agua en el cultivo" (ISAC). La temperatura de la cubierta es determinada por el estado hídrico de la planta y las condiciones atmosféricas del medio ambiente. Se han propuesto dos formas del índice: una forma teórica, propuesta por Jackson y otros (1981) y una empírica, propuesta por Idso y otros (1981).

El cálculo del ISAC se hizo usando la metodología propuesta por Idso y otros (1981). Este método consiste en cuantificar la diferencia de temperatura entre la cubierta vegetal y el aire (Δt) y ubicar esta diferencia entre un límite de máximo estrés y un límite de mínimo estrés; cuan cerca esté de uno u otro límite mayor o menor será el grado de estrés que presente la cubierta evaluada. El límite inferior de estrés se determina en plantas que están en un óptimo estado hídrico y en función de la presión de

vapor. El límite superior para Δt , se obtiene en un cultivo en evidente grado de estrés, este límite depende de la temperatura del aire, pero es independiente de la presión de vapor (Jackson, Kustas y Choudhury 1988).

La temperatura del cultivo, temperatura del aire, y humedad relativa, fueron medidas por un termómetro infrarrojo portátil (Scheduler Plant Stress-Monitor). El instrumento tiene un ángulo de visión de cinco grados, un rango de sensibilidad de 8 a 14 mm en longitud de onda, y una resolución de 0,2 °C.

La temperatura del follaje fue medida orientando el termómetro hacia el norte. El termómetro se mantuvo sostenido a una altura de 30 cm sobre la cubierta con un ángulo de 45 grados.

Las mediciones se hicieron durante cuatro períodos de crecimiento de cuatro días cada uno, seis veces durante el día desde las 07:00 AM hasta las 15:00 PM.

El contenido de humedad del suelo se midió por el método gravimétrico y se expresó posteriormente como porcentaje del volumen de suelo, usando el valor de densidad aparente. La frecuencia fue uno y cuatro días después del riego a profundidades de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-30 y 30-45 cm.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los límites inferior y superior de ISAC se muestran en la Figura 1. El límite superior (máximo estrés) con un valor de $\Delta t = 6,6$, es un promedio de 54 mediciones del tratamiento más seco, medido a las 13 horas en el cuarto día después del riego, con una desviación estándar de 0,4. El límite inferior, para un cultivo sin estrés, se determinó usando los datos del nivel de riego que aplicó el 100% de los requerimientos de la menta, un día después del riego desde las 09:00 AM a las 15:00 PM; la ecuación obtenida fue:

$$\Delta t = 1,32 - 0,98 \text{ Dpv}$$

donde:

Dpv = déficit de presión de vapor, en kilopascales.
 Δt = diferencia de temperatura entre la cubierta y el aire.

El coeficiente de determinación, r^2 , para esta relación fue 0,69, con los datos mostrados en la Figura 1.

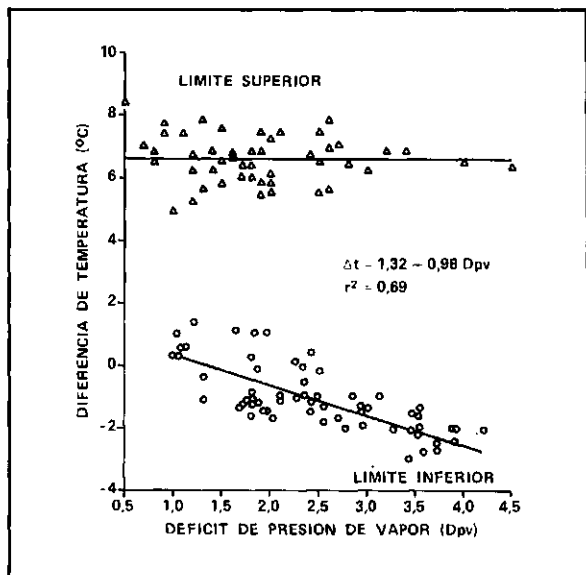


FIGURA 1. Límite superior e inferior de Δt para el cálculo de ISAC.

FIGURE 1. Upper and lower baselines of Δt used for computation CWSI.

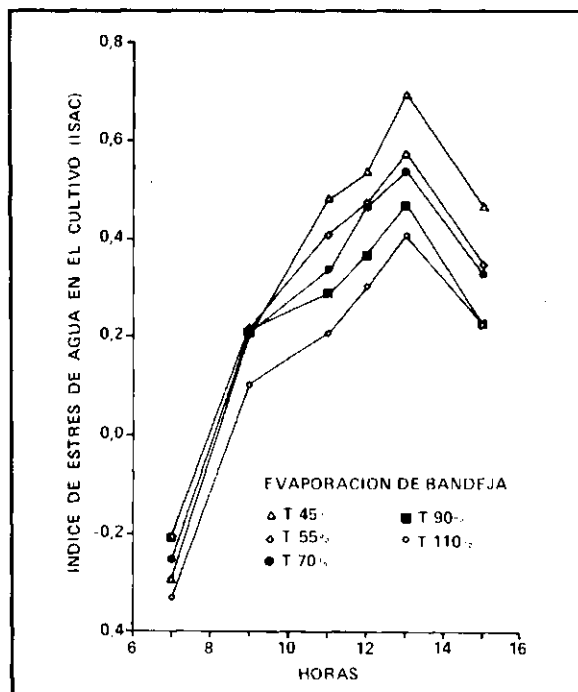


FIGURA 2. ISAC promedio para diferentes tratamientos.

FIGURE 2. Average CWSI for different treatments.

Cuando la radiación solar es cercana al máximo, a las 13 horas (tiempo estándar del Pacífico), los valores de ISAC alcanzan su máximo y las diferencias entre niveles de riego son máximas (Figura 2). Específicamente, el ISAC es diferentes ($P < 0,05$) entre tratamientos en el lapso entre una hora antes y una hora después del mediodía solar.

El valor de ISAC, para el nivel de riego T_1 , fue consistentemente alto, con máximos valores cercanos a 1. El nivel de riego T_1 desarrolló valores de ISAC mayores que los niveles de riego T_5 y T_4 . Hubo pequeñas diferencias en ISAC entre los niveles T_5 y T_4 . El mínimo valor obtenido por ISAC al mediodía fue 0,4, con un rango de sólo 0,3 para los cinco niveles de riego.

Los resultados de este experimento concuerdan con Idso y otros (1981), que, evaluando ISAC en alfalfa cultivada a diferentes niveles de riego, observaron claras diferencias entre los tratamientos. Sharrat y otros (1983) midieron tasas de evapotranspiración (ET) a través del día, con una cámara portátil, y encontraron curvas de ISAC similares con este experimento, donde las tasas de ET fueron muy bajas en las primeras horas de la mañana.

Por lo que, usando la ecuación que despeja Δt y conociendo el límite superior de máximo estrés y

datos de terreno como temperatura de la cubierta y D_{pv} , se puede determinar el menor o mayor grado de estrés de la planta y determinar si es necesario regar.

La Figura 3 muestra la relación entre la ET déficit estacional ($1-ET/ET_m$) e ISAC. La pendiente de la regresión fue igual a 1,6, mientras que el intercepto fue -0,63. El coeficiente de determinación (r^2) fue 0,98, lo que indica que ISAC puede ser un significativo indicador de ET déficit.

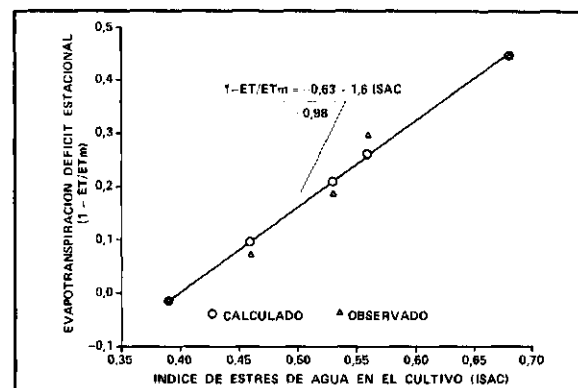


FIGURA 3. Relación entre el déficit de evaporación e ISAC.

FIGURE 3. Relation between evapotranspiration and CWSI.

La ecuación desarrollada fue:

$$1 - ET/ET_m = -0,63 + 1,6 \text{ ISAC}$$

El desarrollo de una relación cercana a 1:1, entre ET déficit e ISAC, podría ocurrir con refinamientos en los límites superior e inferior del cálculo de ISAC, coincidiendo con la relación descrita por Doorembos y Pruitt (1976), en que establecen la linealidad entre el déficit de evapotranspiración y la pérdida de rendimiento por estrés hídrico.

Dado que los tratamientos de riego cercanos al óptimo de los requerimientos de la menta (T_5 y T_4), obtuvieron valores de ISAC entre 0,2 y 0,4 y el

tratamiento lejano al óptimo (T_1) obtuvo valores cercanos a 0,7, es posible confeccionar una tabla de valores para determinar en qué grado de estrés se encuentra la menta y si es necesario o no regarla.

CONCLUSIONES

Es posible obtener un apropiado límite sin estrés para la diferencia entre temperatura de la cubierta y la temperatura del aire, usando datos obtenidos de plantas bajo buenas condiciones hídricas. Los resultados de este estudio indican que ISAC medido una hora antes y una hora después del mediodía solar pueden ser usados para programación de riego.

RESUMEN

Se evaluó el uso de la temperatura infrarroja de la cubierta en menta (*Mentha piperita* L.) bajo cinco tratamientos de riego, para ser usada en programación de riego.

El índice de estrés de agua de los cultivos (ISAC), que se determinó mediante temperatura de la cubierta, temperatura del aire y déficit de presión de vapor (Dpv), medidas a mediodía, puede ser usado en programación de riego.

El límite superior para ISAC se fijó a una diferencia de temperatura entre la cubierta y el aire de 6,6 °C. El límite inferior calculado fue:

$$\Delta t = 1,32 - 0,98 \text{ Dpv}; r^2 = 0,69.$$

Palabras claves: *Mentha piperita*, temperatura infrarroja, riego, ISAC, programación.

LITERATURA CITADA

- BALDOCCHI, D.D., VERMA, S.B., ROSEMBERG, N.J., BLAD, B.L., GARAY, A. and SPECHT, J.E. 1983. Influence of water stress on diurnal exchange of mass and energy between atmosphere and a soybean canopy. *Agron. J.* 75: 543-548.
- DOORENBOS, J. and PRUITT, W.O. 1976. Las necesidades de agua de los cultivos. FAO 24. Roma, Italia. 194 p.
- HANKS, R.J., KELLER, V.P., RASMUSSEN, D.J. and WILSON, G.D. 1976. Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40: 426-429.
- HANKS, R.J., SISSON, D.V., HURST, R.L., and HUBBARD, K.G. 1980. Statistical analysis of results from irrigation experiments using the line-source sprinkler system. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 886-888.
- IDSO, S.B., REGINATO, R.J., REICOSKY, D.C. and HATFIELD, J.L. 1981. Determining soil-induced plant water potential depressions in alfalfa by means of infrared thermometry. *Agron. J.* 73: 826-830.
- JACKSON, R.D., IDSO, S.B., REGINATO, R.J. and PINTER, P.J. 1981. Canopy temperature as a crop water indicator. *Water Resour. Res.* 17: 1.133-1.138.
- JACKSON, R.D., KUSTAS, W.P. and CHOUDHURY, B.J. 1988. A reexamination of the crop water stress index. *Irrig. Sci.* 9: 309-317.
- KRAMER, P.J. 1974. Plant and soil water relationships. A modern Synthesis. Mc Graw-Hill, Inc. New York. 538 p.
- MONCHAS, B.S., PARIKH, K.S. and SRINIVASAN, T.N. 1974. Toward the structure with a production function for wheat yields with dated inputs of irrigation water. *Water Resour. Res.* 10: 343-383.
- SHARRATT, B.S., REICOSKY, D.C., IDSO, S.B., and BAKER, D.G. 1983. Relationships between leaf water potential, canopy temperature, and evapotranspiration in irrigated and non irrigated alfalfa. *Agron. J.* 75: 891-894.
- TANNER, C.B. 1968. Evaporation of water from plants and soil. In: T.T. Kozlowski (ed.). *Water deficits and plant growth*. Academic Press, New York. Vol. 1. p.: 73-106.
- WATTS, D.G., DEHLINGER, C.R., WOLFE, J.W. and SHEARER, M.N. 1968. Consumptive use and net irrigation requirements for Oregon. Agricultural Experimental Station, Oregon State University. Corvallis, OR. Circular of Information 628. 146 p.