

**EFFECTO DE DIFERENTES ALTURAS DE AGUA SOBRE EL CULTIVO
DEL PIMIENTO (*Capsicum annum*). II. RELACION
AGUA – RENDIMIENTO¹**

**Effect of different amounts of water applied to peppers. II.
Water – yield relation**

Raúl Ferreyra E.², Gabriel Sellés van Sch.³ y Mauricio González P.⁴

S U M M A R Y

Two consecutive experiments were conducted during 1980/81 and 1981/82, to determine the relation between water and yield of Sweet Pepper (*Capsicum annum*) at La Platina Exp. Sta. (INIA), Santiago, Chile.

In a randomized block design, 4 treatments of water application, according to a Class A pan evaporation (Eb), were used: 1.3 Eb, 1.0 Eb, 0.7 Eb and 0.3 Eb; with four replicates. Water was applied every 7 days.

A linear relation between yield and evapotranspiration was obtained, valid between 15 and 35 cm of Eb. Larger values for Eb did not increase yields, above 30 Ton/ha.

The relation between relative yield loss and relative reduction in evapotranspiration (ET) was:

$$(1 - Y_a/Y_m) = K_y (1 - E_{T_a}/E_{T_m})$$

where: Y_a = actual yield; Y_m = maximum yield; E_{T_a} = actual ET and E_{T_m} = maximum ET. K_y values were similar for both years (0.95 and 1.08) and for the combined data ($K_y = 0.98$; $r^2 = 0.83$).

INTRODUCCION

El diseño apropiado de un sistema de riego requiere conocer la demanda hídrica de los cultivos o su uso consumo. El requerimiento hídrico de un cultivo se puede definir como la cantidad mínima de agua que se debe aplicar, con una frecuencia adecuada, para obtener óptimos rendimientos, tanto en cantidad como en calidad (Shalhevet y otros, 1979).

De tal forma que no sólo es necesario determinar la evapotranspiración de un cultivo, sino también establecer relaciones entre el uso consumo del cultivo, o su evapotranspiración, y el rendimiento que se obtiene con dicha evapotranspiración.

Numerosos autores (Shalhevet y otros, 1979; Stewart y Hagan, 1973; Chang, 1974; Warrick y Gardner, 1983; Doorembos y Pruitt, 1976) señalan funciones lineales entre rendimiento y evapotranspiración, para diferentes cultivos, al menos dentro de ciertos límites de uso consumo. La pendiente de la función lineal varía con cada especie, siendo afectada, además, por las condiciones climáticas (Doorembos y Pruitt, 1976)

Una forma más general de expresar la función rendimiento evapotranspiración es en términos relativos. Es decir, establecer una relación entre la disminución relativa del rendimiento, obtenido bajo una condición

¹ Recepción de originales: 31 de agosto de 1984.

Parte de la tesis presentada por Mauricio González P. a la Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales de la U. de Chile, para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

² Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile.

³ Facultad Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, U. de Chile, Casilla 1004, Santiago, Chile.

⁴ Arcadía 1578, San Miguel, Santiago, Chile.

de evapotranspiración real, respecto a un rendimiento máximo (Doorembos y Kassan, 1979), tal que:

$$(1 - Y_a/Y_m) = K_y (1 - E_{Ta}/E_{Tm})$$

donde: Y_a = rendimiento en condiciones de déficit; Y_m = rendimiento máximo, con adecuado abastecimiento de agua; E_{Ta} = evapotranspiración real del cultivo; E_{Tm} = evapotranspiración máxima; y K_y = coeficiente de rendimiento, que evalúa el efecto del déficit sobre el rendimiento.

Si el coeficiente K_y se comporta como constante para una especie determinada y si no existen otras limitantes para el desarrollo normal de un cultivo, bastará conocer la magnitud de este coeficiente, con una predicción cuantitativa de rendimiento máximo y la evapotranspiración máxima, para estimar los rendimientos posibles de obtener con un determinado abastecimiento de agua, para cualquier localidad, con un clima adecuado para el desarrollo de la especie en consideración (Doorembos y Pruitt, 1976).

El presente trabajo tiene por objeto presentar algunos resultados que permitan ir hacia una cuantificación de la relación agua/rendimiento, en el cultivo del pimiento.

MATERIALES Y METODOS

Durante las temporadas agrícolas 1981/82 y 1982/83, se realizó un ensayo de campo en la Estación Experimental La Platina (INIA), Santiago. El suelo corresponde a la serie Santiago y está clasificado, según soil taxonomy USDA, como coarse loamy, over sandy skeletal, mixed, thermic, typic xerochrepts.

Para determinar la relación agua rendimiento en pimiento, se establecieron cuatro tratamientos de riego, que consistieron en aplicar cargas crecientes de agua, en relación a la evaporación medida en una bandeja Clase A (Eb), con frecuencia de riego semanal, determinadas en forma volumétrica: 0,3 x Eb; 0,7 x Eb; 1,0 x Eb; y 1,3 x Eb.

La frecuencia fue seleccionada de manera tal que la percolación profunda fuera mínima.

Cada tratamiento se aplicó en parcelas niveladas y apretilladas, de 7 x 4,9 m, con una población de plantas equivalentes a 56.980 plantas/ha.

Para evitar efectos que no fueran debidos al riego, se realizó una adecuada fertilización en base a análisis de suelo (120 kg/ha de N y 43,64 kg/ha de P) y se mantuvo un manejo óptimo del cultivo durante toda la duración del ensayo. Las cosechas de frutos se realiza-

ron semanalmente, cuando estos presentaban una coloración roja.

La extracción de humedad por parte del cultivo se determinó por balance hídrico, midiendo los contenidos de humedad del suelo, con un aspersor de neutrones.

RESULTADOS Y DISCUSION

Relación agua aplicada—rendimiento

En la Figura 1 se presenta la relación agua aplicada—rendimiento. Se puede apreciar, en términos generales, que los rendimientos aumentan hasta cierto límite, con cargas de agua crecientes, para luego disminuir, probablemente debido a problemas de aireación del suelo y lixiviación del N, por aplicación excesiva de agua.

Se puede apreciar en la misma figura que las temporadas consideradas presentaron, durante el período de crecimiento del cultivo, condiciones de evaporación (Eb) bastante diferentes (78 cm contra 53 cm). A pesar de ello, el rendimiento obtenido con una aplicación de agua equivalente a 0,7 Eb, fue similar en ambas temporadas (un promedio de 27,8 ton/ha en 1981/82 y 27 ton en 1982/83) aun cuando la aplicación absoluta de agua difirió en cerca de 12 cm. Por sobre 0,7 Eb, los rendimientos, en la primera temporada, aumentan ligeramente hasta una aplicación de agua equivalente a 1,0 Eb, para luego disminuir. En la segunda temporada, los rendimientos decaen rápidamente por sobre 0,7 Eb. Esta diferencia entre temporadas podría estar condicionada por una menor permeabilidad del suelo utilizado durante la temporada 1983/1984, que podría haber producido un mayor exceso de humedad, durante cortos períodos de tiempo, que afectan el crecimiento y desarrollo del pimiento (Ferreira; Tosso y Sellés, 1985).

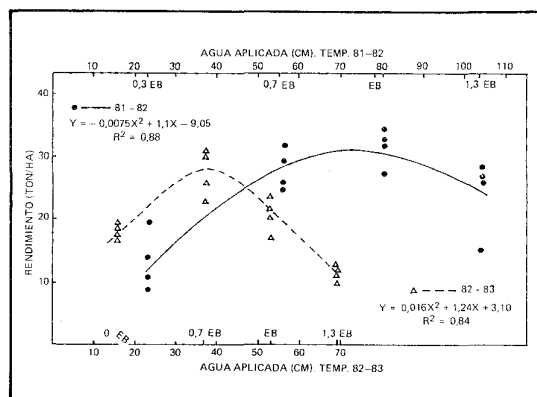


FIGURA 1. Relación agua aplicada—rendimiento.
 FIGURE 1. Relation water applied—yield in pepper.

Relación rendimiento evapotranspiración

En la Figura 2 se presenta la relación obtenida entre la extracción de agua medida (ET) y los rendimientos (ton/ha). Se obtuvo una relación lineal en el rango estudiado (25–80 cm), con una pendiente de 0,41 y un coeficiente de determinación (r^2) de 0,87.

En la Figura 3 se presenta la relación rendimiento–evapotranspiración, para la segunda temporada. Se obtuvo nuevamente una relación lineal, pero contrariamente a lo esperado, su pendiente fue mayor que en la temporada anterior (0,91 vs 0,41), con un rango de validez entre 15 y 35 cm y un rendimiento máximo similar a la temporada anterior (aproximadamente 30 ton/ha vs 34 ton/ha).

La Figura 4 muestra en conjunto los resultados de las dos temporadas. En ella se puede apreciar que la relación lineal rendimiento–evapotranspiración se pierde y que, sobre cierto umbral (35 cm), los rendimientos aumentan en forma menos que proporcional. La nube de puntos se ajustó estadísticamente a un modelo exponencial, con un $r^2 = 0,66$

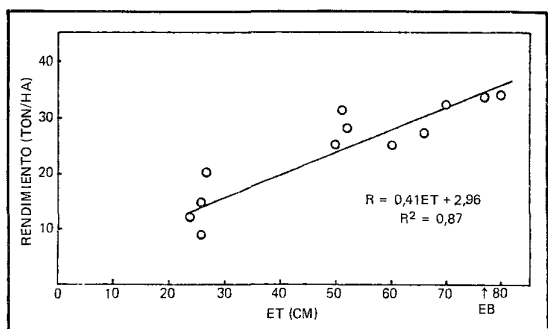


FIGURA 2. Relación rendimiento–evapotranspiración. 1981/1982.

FIGURE 2. Yield–evapotranspiration in pepper. 1981/1982.

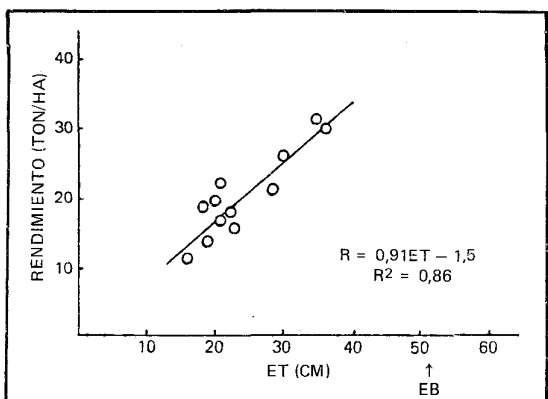


FIGURA 3. Rendimiento–evapotranspiración. 1982/1983.

FIGURE 3. Yield–evapotranspiration in pepper. 1982/1983.

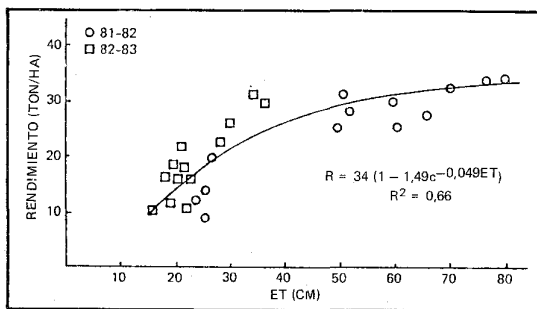


FIGURA 4. Relación evapotranspiración–rendimiento para dos temporadas.

FIGURE 4. Relation evapotranspiration (ET)–yield in pepper. Two seasons combined.

La Figura 5 muestra, esquemáticamente, la presencia de dos funciones diferentes. Entre 15 y 35 cm de ET, los rendimientos aumentan linealmente, hasta alrededor de 30 ton/ha, siendo el incremento de rendimiento función de la evapotranspiración; sobre este umbral, donde los incrementos de ET no significan aumentos de rendimientos, se presentarían otras limitantes (Warrick y Gardner, 1983).

Determinación del coeficiente de rendimiento (Ky)

El valor del coeficiente de rendimiento (Ky), que relaciona la disminución relativa de rendimientos ($1 - Y_a/Y_m$) y la disminución relativa de evapotranspiración ($1 - ET_a/ET_m$), a pesar de lo señalado, fue similar para ambas temporadas. En la temporada 81/82 se obtuvo un Ky de 0,95 ($r^2 = 0,84$) y en la 82/83, de 1,08 ($r^2 = 0,80$).

En la Figura 6 se presenta la relación entre la disminución relativa de rendimiento y reducción relativa de evapotranspiración, para las dos temporadas en conjunto, obteniéndose un coeficiente de rendimiento de 0,98 ($r^2 = 0,83$). El valor de Ky determinado en esta

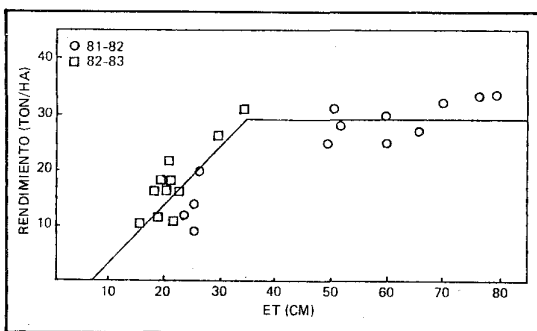


FIGURA 5. Relación evapotranspiración–rendimiento para dos temporadas en pimiento.

FIGURE 5. Relation evapotranspiration (ET)–yield in pepper. Two seasons combined.

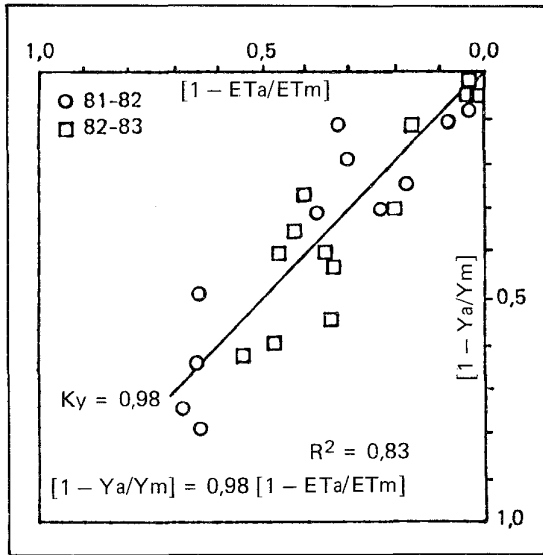


FIGURA 6. Disminución relativa de evapotranspiración vs. disminución relativa de rendimientos, en pimienta.

FIGURE 6. Evapotranspiration relative reduction vs. yield relative reduction, in pepper.

investigación es semejante al informado por Doorembos y Kassan (1979), quienes señalan un K_y de 1,1 para pimienta. Esto concordaría con lo señalado por Doorembos y Pruitt (1976), en el sentido que la relación rendimiento relativo/evapotranspiración relativa es más o menos constante para cada especie vegetal.

Relación ET/Eb

A lo largo del período de desarrollo del cultivo se determinó la relación entre la evapotranspiración medida (ET) y la evaporación de agua registrada en una bandeja Clase A (Eb), para igual período. Los resultados promedios se presentan en la Figura 7, en la cual se relaciona ET/Eb con porcentaje de la estación de crecimiento. Se puede observar una alta variabilidad en los valores (ET/Eb) determinados; sin embargo, a pesar de ello, existe una cierta tendencia a ser ligeramente más altos entre el 50 y 60% de la estación de crecimiento, que en los rangos extremos. La variabilidad observada se podría atribuir, por una parte, al método utilizado para cuantificar la humedad de suelo (aspersor de neutrones), que presenta algunos inconvenientes para determinaciones de humedad superficial, y por otra parte, a que el cultivo no cubrió, en la mayor parte de su período de desarrollo, totalmente el suelo, como lo reflejan los valores de índice de área foliar (IAF), que se presentan en la parte superior de la figura. Esto haría la componente de evaporación un factor importante de la evapotranspiración. Según Doorembos y Pruitt (1976), en los primeros estados de desarrollo del cultivo, cuando éste no

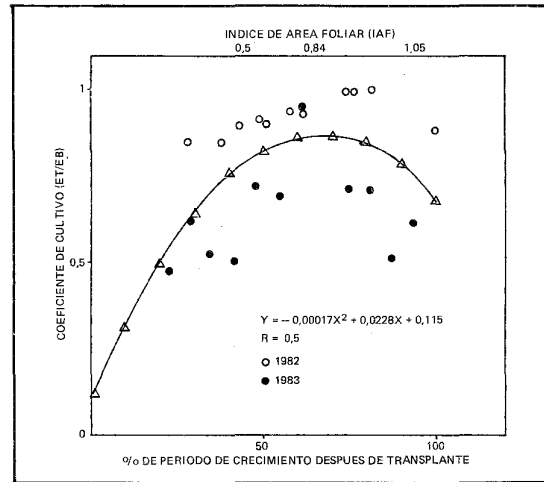


FIGURA 7. Relación ET/Eb para distintos períodos de crecimiento del cultivo del pimienta para el tratamiento 0,7 Eb.

FIGURE 7. Relation ET/Eb for different growth periods of pepper with 0,7 x Eb irrigation treatment.

cubre totalmente el suelo, el coeficiente de cultivo presenta grandes variaciones, dependiendo de la frecuencia de riego o lluvias, lo que aumentaría o reduciría la componente de evaporación.

Los valores promedios se ajustaron a un polinomio de segundo grado, que arrojó un coeficiente de determinación relativamente bajo ($r = 0,5$).

A pesar de lo señalado, los valores estimados por la regresión concuerdan con los recopilados por Doorembos y Pruitt (1976) para pimienta, que señalan un valor de 0,3 para el 100% del período de crecimiento, y un valor de entre 0,7 a 0,8, para el período de mayor desarrollo del cultivo.

CONCLUSIONES

- La relación rendimiento y evapotranspiración fue lineal sólo entre 15 y 35 cm de ET. Para las condiciones del ensayo, evapotranspiraciones mayores no significaron incrementos de rendimiento por sobre 30 ton/ha.
- La relación entre la disminución relativa del rendimiento y el déficit de evapotranspiración relativo $[(1 - Y_a/Y_m) = K_y (1 - ET_a/ET_m)]$, dio valores similares de K_y , para cada año, siendo en promedio $K_y = 0,98$ ($r^2 = 0,83$).
- Los coeficientes de cultivo señalan valores de 0,20/o, para el 100/o del período de crecimiento, y un valor entre 0,6 y 0,7, para el 50–60/o del período.

RESUMEN

Con el objeto de determinar la relación agua—rendimiento, en pimiento, se realizó un ensayo de campo durante 1980/81 y 1981/82, en la Estación Experimental La Platina (INIA), Santiago.

Para ello se aplicaron, en parcelas apretilladas, cuatro cargas de agua, de acuerdo a la evaporación medida en una bandeja Clase A (Eb): 1,3 x Eb; 1,0 x Eb; 0,7 x Eb; y 0,3 x Eb. Cada tratamiento se repitió cuatro veces, con un diseño experimental de bloques completos aleatorizados. La evapotranspiración del cultivo se determinó mediante balance hídrico, determinando la variación de humedad, con un aspersor de neutrones.

Se observó que la relación lineal entre rendimiento y evapotranspiración es válida sólo entre 15 y 35 cm de

ET. Para las condiciones del ensayo, evapotranspiraciones mayores no significaron incrementos de rendimiento por sobre 30 ton/ha.

Se estableció la relación entre la disminución relativa del rendimiento y el déficit de evapotranspiración relativo:

$$(1 - Y_a/Y_m) = K_y (1 - ET_a/ET_m)$$

obteniéndose valores similares de K_y , para cada año (0,95 y 1,08) y para la información conjunta ($K_y = 0,98$; $r^2 = 0,83$).

LITERATURA CITADA

- CHANG, J. 1974. *Climate and Agriculture*. Aldine Publishing Co. Chicago. 304 p.
- DOOREMBOS, J. y PRUITT, W.O. 1976. *Las necesidades de agua de los cultivos*. Roma, Estudio FAO: Riego y Drenaje 24. 194 p.
- DOOREMBOS, J. and KASSAN, A.H. 1979. *Yield response to water*. Rome, FAO Irrigation and Drainage Paper 35. 193 p.
- FERREYRA, R.; SELLES, G.; y TOSSO, J. 1985. Efecto de diferentes alturas de agua sobre el cultivo del pimiento. I. Influencia de los excesos de humedad. *Agricultura Técnica (Chile)* 45 (1): 47-51.
- SHALHEVET, J.; MONTELL, A.; BIELORAI, H.; and SHIMSHI, D. 1979. *Irrigation of field and orchards crops, under semi-arid conditions*. IIIC, Bet-Daga, Israel. 124 p.
- STEWART, I.J. and HAGAN, R.M. 1973. Functions to predict effects of crop water deficits. *J. of the Irrigation and Drainage Division*: 421-439.
- WARRICK, A.W. and GARDNER, W.R. 1983. Crop Yield as Affected by Spatial Variations of Soil and Irrigation. *Water Res. Research*, 19 (1): 181-186.