

# RELACION ENTRE CRECIMIENTO DIARIO DE FRUTO Y DE TRONCO DE DURAZNERO Y FRECUENCIA DE RIEGO<sup>1</sup>

## Relation between daily growth of fruit and trunk of peach trees and irrigation scheduling

Gabriel Sellés van S.<sup>2</sup> y André Berger<sup>3</sup>

### SUMMARY

The effect of two irrigation treatments on peach trees and on the daily growth of trunk and fruit was analyzed. Sensitivity to water stress was studied in order to use it as criteria for irrigation scheduling.

Trunk daily growth was more sensitive to water stress than fruit and it could be used as criteria for irrigation scheduling.

**Key words:** peach trees, irrigation scheduling, daily trunk growth, daily fruit growth.

### INTRODUCCION

El control del estado hídrico del suelo, ya sea a través de su contenido de humedad o de su potencial mátrico, es uno de los criterios de mayor uso para determinar el momento de riego.

Sin embargo, las necesidades de riego dependen del estado hídrico de la planta más que del estado hídrico del suelo (Jones, 1984). El estado hídrico de la planta depende, además, de la demanda evaporativa de la atmósfera y de características propias de la planta, tales como distribución de raíces, área foliar y conductancia hidráulica (Kaufman, 1976; Jones, Lakso y Sivertsen, 1985).

El estado hídrico de la planta tiene un rol determinante en todos sus procesos fisiológicos, siendo el crecimiento uno de los más sensibles al déficit hídrico (Bradford y Hsiao, 1982).

Varios investigadores (Kozlowski, 1968; Assaf, Bravdo y Levin, 1974; Iancu 1985), han encontrado que el crecimiento del tronco de los árboles frutales varía de acuerdo a la disponibilidad de agua en el suelo, pudiendo ser un indicador para decidir el momento del riego (Iancu, 1985).

El crecimiento de los frutos también ha sido propuesto como un criterio para decidir el momento de riego (Assaf, Levin y Bravdo, 1982; Iancu 1985).

Con el desarrollo de la electrónica se han podido diseñar instrumentos que permiten captar microvariaciones en la dimensión de los diferentes órganos de las plantas, a nivel horario o diario, con bastante precisión. Estas microvariaciones están constituidas, normalmente, por una reducción de diámetro durante una primera parte del día (contracción), seguido de una recuperación y expansión durante la segunda parte del día, cuando la demanda evaporativa disminuye y durante la noche (crecimiento).

La contracción diurna se produce por pérdida de agua desde los tejidos elásticos que conforman los órganos (frutos y troncos) en respuesta a la demanda evaporativa de la atmósfera; sin embargo, la naturaleza de estas pérdidas puede ser diferente en ambos órganos (Berger y Sellés, 1991). La magnitud de esta contracción diurna está estrechamente relacionada con el contenido de humedad del suelo o con el potencial hídrico de la planta (Tromp, 1984; Garnier y Berger, 1986; Sellés y Berger, 1990), y con la intensidad de la demanda evaporativa de la atmósfera (Garnier y Berger, 1986; Huguet, 1985).

La recuperación de diámetro observada en la segunda parte del día y en el transcurso de la noche, corresponde a una recuperación del estado hídrico de los tejidos, una vez que la demanda evaporativa de la atmósfera comienza a disminuir, hasta alcanzar un nuevo máximo a la mañana siguiente.

La diferencia entre los valores máximos medidos entre dos días consecutivos ha sido denominada crecimiento diario (Lassoie, 1979). El crecimiento diario así definido podrá ser positivo o negativo. Un crecimiento diario positivo implica la existencia de una rehidratación total de los tejidos, más un

<sup>1</sup>Recepción de originales: 25 de abril de 1994.

<sup>2</sup>Centro Regional de Investigación La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

<sup>3</sup>Centre Emberger, C.N.R.S. B.P. 5051, 34033 Montpellier, Francia.

proceso de expansión celular. El crecimiento negativo, en cambio, representa una rehidratación parcial de los tejidos, reflejando la existencia de un déficit hídrico de carácter más permanente en la planta, puesto que éste se mantiene, aun cuando la demanda evaporativa de la atmósfera es prácticamente nula. La magnitud del crecimiento diario está, entonces, estrechamente ligado a la magnitud del flujo de agua hacia las raíces, el cual está asociado, en último término, al contenido de humedad del suelo (Hillel, 1980).

El objetivo del presente trabajo es ser un aporte en la búsqueda de indicadores fisiológicos que permitan definir el momento del riego en frutales, en particular, el posible uso del crecimiento diario del fruto o del tronco. El trabajo experimental que avala los resultados que aquí se presentan fue realizado en durazneros.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en un huerto experimental de duraznos, de cinco años de edad, variedad Fiere-Red, plantados a 6 x 4,5 m, perteneciente a la Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, Francia (lat. 43° 34' N, long. 3° 57' E), durante la temporada de riego 1986, entre fines de marzo y comienzos de octubre.

El suelo del sector de estudio es de origen aluvial, clasificado como calcic-luvisol (clasificación FAO), con una importante proporción de piedras bajo los 50 cm de profundidad.

Mediante aspersión se aplicaron dos tratamientos de riego:

**Tratamiento húmedo (HUM).** Una parte del huerto fue regado a 100% de la evapotranspiración máxima (ETM), cada vez que la suma de las ETM diarias fue de 30 a 40 mm, lo que corresponde, aproximadamente, entre el 38 a 50% de la humedad aprovechable de los primeros 70 cm de suelo (Garnier, Berger y Rambal, 1986). La ETM fue estimada a partir de la evapotranspiración potencial, calculada por el método de Brochet-Gerbier (Brochet y Gerbier, 1972), corregida por coeficientes culturales establecidos para durazneros en el sur de Francia.

**Tratamiento seco (SEC).** Otra parte del huerto fue sometida a aportes limitados de agua, regando, ya sea, vez por medio en relación al tratamiento HUM, o bien a la misma frecuencia, pero con la mitad de la dosis de agua.

Se midió la variación diaria del diámetro del fruto y del tronco y el contenido de humedad del suelo en un árbol por tratamiento.

La variación diaria de diámetro de frutos y troncos se midió utilizando sensores de desplazamiento lineal (Ifelec, modelo L5R). Cada árbol fue equipado con dos sensores. El primero se colocó en un fruto expuesto al sur, en la parte alta de la corona del árbol, por lo tanto, asoleado la mayor parte del día. El segundo fue colocado en el tronco, a unos 30 cm de la superficie del suelo, bajo la primera ramificación. Los sensores se mantuvieron solidarios a los órganos señalados por medio de soportes metálicos en INVAR, material de muy baja dilatación térmica. Para tomar en cuenta estos posibles efectos, se midió la temperatura del conjunto sensor-soporte con termocuplas.

Para evitar efectos de la radiación solar directa sobre el funcionamiento de los equipos, éstos se protegieron con escudos especialmente diseñados.

Las variaciones de diámetro y temperatura se midieron cada 30 minutos, a lo largo de toda la temporada, las que fueron registradas automáticamente en una central de adquisición de datos (CAMPBELL 21 X), y posteriormente analizadas en un computador.

Las mediciones de variación de diámetro de los órganos se iniciaron el 16 de mayo de 1986. En el caso de los frutos estas mediciones se realizaron hasta la cosecha, por lo que se incluyeron prácticamente las tres fases de desarrollo que caracterizan a los frutos de carozo: fase I (crecimiento rápido), fase II (crecimiento lento) y fase III (crecimiento rápido). Las mediciones de variación de diámetro de troncos se continuaron hasta principios de octubre.

El contenido de humedad del suelo se midió periódicamente a lo largo de la temporada (excepto entre el 21 de agosto y el 21 de septiembre), con un aspersor de neutrones (Solo, modelo 25), en tubos ubicados a 1,5 m de cada árbol, sobre la hilera de plantas. Las mediciones se realizaron, cada 10 cm, hasta 1,20 m de profundidad. Para corregir la lectura superficial, se utilizó un reflector de polietileno. A partir de los valores medidos se determinó el contenido de humedad promedio una entre 0 y 60 cm y entre 60 y 120 cm de profundidad.

Las características de retención de humedad del suelo, así como las ecuaciones de calibración del aspersor de neutrones, fueron determinadas por Garnier, Berger y Rambal (1986).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Una cinética típica de variación diaria de diámetro del tronco y del fruto frente a distintas disponibilidades de agua en el suelo, se presenta en la Figura 1. Estas mediciones se realizaron el 25 de junio, mientras los frutos se encontraban en su fase II de crecimiento (crecimiento lento).

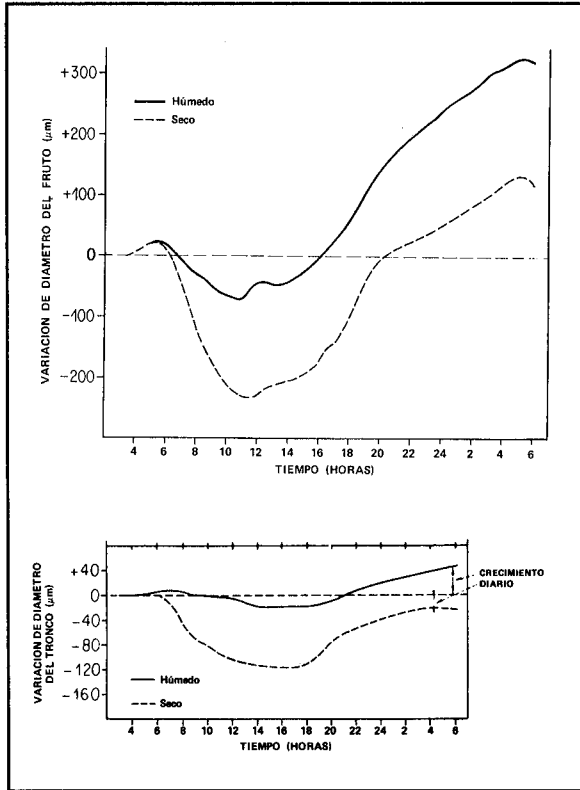


FIGURA 1. Evolución diaria del diámetro del fruto (parte superior) y del tronco (parte inferior) para el tratamiento húmedo (línea continua) y seco (línea punteada) el día 25 de junio.

FIGURE 1. Daily course of fruit (top) and trunk (bottom) diameter change for wet (continuous line) and dry treatment (dotted line).

Este tipo de variación es clásica y ha sido observada por otros autores, tanto en frutos como en troncos (Elfving y Kaufmann, 1972; Garnier y Berger, 1986; Jones y Higgs, 1985; Hugget y Jauselly, 1984), y son un reflejo del balance hídrico diario de la planta.

Se caracterizan por presentar durante la primera parte del día, luego de alcanzar un diámetro máximo temprano en la mañana, una contracción hasta alcanzar un diámetro mínimo, para luego, en la segunda parte del día, comenzar un proceso de recuperación, hasta alcanzar un nuevo diámetro máximo en las primeras horas de la mañana siguiente.

El contenido de humedad, en los primeros 60 cm de suelo, el día 25 de junio, fue de  $0,21 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$  para el tratamiento húmedo y de  $0,14 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$  para el tratamiento seco. El crecimiento diario medido, en ambos tratamientos, fue concordante con el contenido de humedad del suelo (Figura 1).

El contenido de humedad promedio del suelo entre 0 y 60 cm y entre 60 y 120 cm, durante la mayor parte de la temporada, fue claramente inferior en el tratamiento seco. En este último tratamiento las raíces agotaron la humedad aprovechable, incluso de la estrata más profunda (Figura 2).

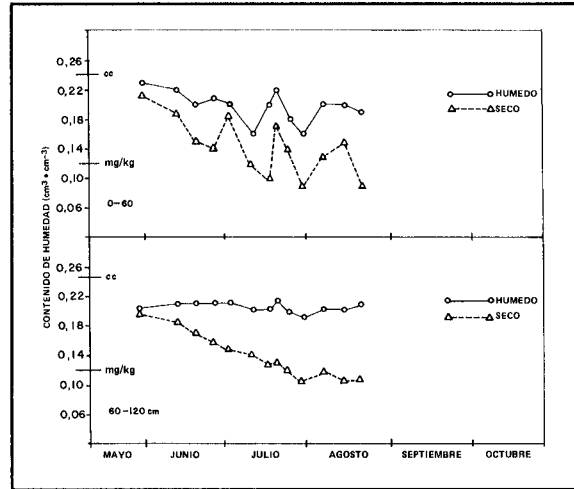


FIGURA 2. Evolución del contenido de humedad del suelo en el tratamiento húmedo (parte superior) y en el tratamiento seco (parte inferior) a lo largo de la temporada.

FIGURE 2. Seasonal course of soil moisture content in the wet (top) and the dry (bottom) treatments.

Estas diferencias en contenido de humedad se reflejaron en el crecimiento presentado por los frutos y los troncos equipados con sensores de desplazamiento.

El crecimiento del fruto fue afectado por los tratamientos de riego sólo hacia el final de la fase II de crecimiento del fruto (Figura 3), cuando el contenido de humedad del tratamiento seco era muy bajo (Figura 2). Durante la fase III de crecimiento del fruto, el crecimiento de éste fue menos afectado por la disponibilidad de agua que en la fase II.

Un comportamiento similar se observó en frutos a los que se les siguió el crecimiento midiendo su diámetro con pie de metro (resultados no presentados), por lo cual se considera que la evolución presentada por los frutos provistos de sensor es representativa de lo sucedido en el árbol.

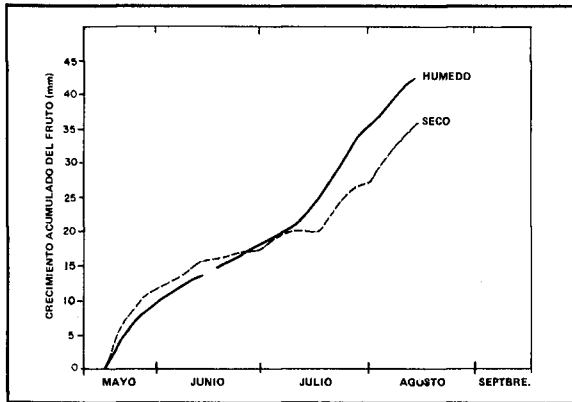


FIGURA 3. Evolución del crecimiento diario acumulado del fruto en los tratamientos húmedo (línea continua) y seco (línea punteada).

FIGURE 3. Seasonal course of cumulative fruit daily growth in wet (continuous line) and dry treatments (dotted line).

El crecimiento diario acumulado de los troncos fue severamente afectado por la disponibilidad de agua del suelo, siendo más sensible que el fruto en su respuesta a la disminución de humedad del suelo, ya que mientras los frutos mantenían un crecimiento positivo, el tronco reducía su diámetro a lo largo de la temporada (Figura 4). La mayor sensibilidad presentada por el tronco puede tener su origen en razones fisiológicas. Los frutos presentan, en general durante su desarrollo, una fuerte demanda de fotosintatos asimilados y la distribución preferencial de éstos hacia los frutos puede tener un efecto importante en la distribución de agua y, como consecuencia, sobre el crecimiento (Chalmers, Mitchel y Jerie, 1985).

A objeto de evaluar en forma más detallada el efecto del contenido de humedad del suelo sobre el crecimiento diario del fruto y del tronco, en diferentes estados de desarrollo a lo largo de la tem-

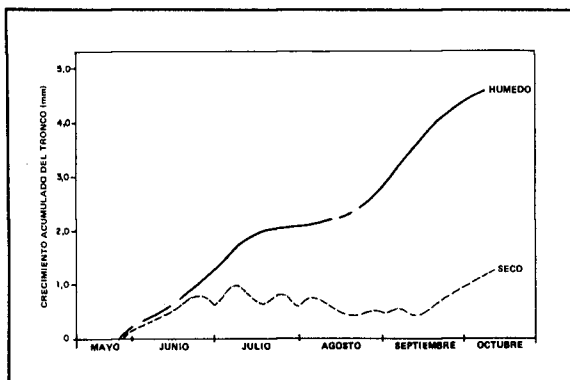


FIGURA 4. Evolución del crecimiento diario acumulado del tronco en el tratamiento húmedo (línea continua) y seco (línea punteada).

FIGURE 4. Seasonal course of cumulative trunk daily growth in wet (continuous line) and dry treatments (dotted line).

porada, se analizaron relaciones entre estos parámetros en todas aquellas fechas en que se obtuvo información simultánea.

Durante la fase II, fase de desarrollo lento (Figura 5a), el crecimiento diario se vio afectado cuando el contenido de humedad del suelo disminuyó por bajo  $0,18 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ , para llegar a un valor próximo de cero a contenidos de humedad incluso inferiores al valor de porcentaje de marchitez permanente determinado para este tipo de suelo ( $0,12 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ ).

Durante la fase III de desarrollo del fruto (Figura 5b), se observó un efecto claro del contenido de humedad sobre el crecimiento de los frutos sólo a contenidos de humedad entre  $0,14$  y  $0,12 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ .

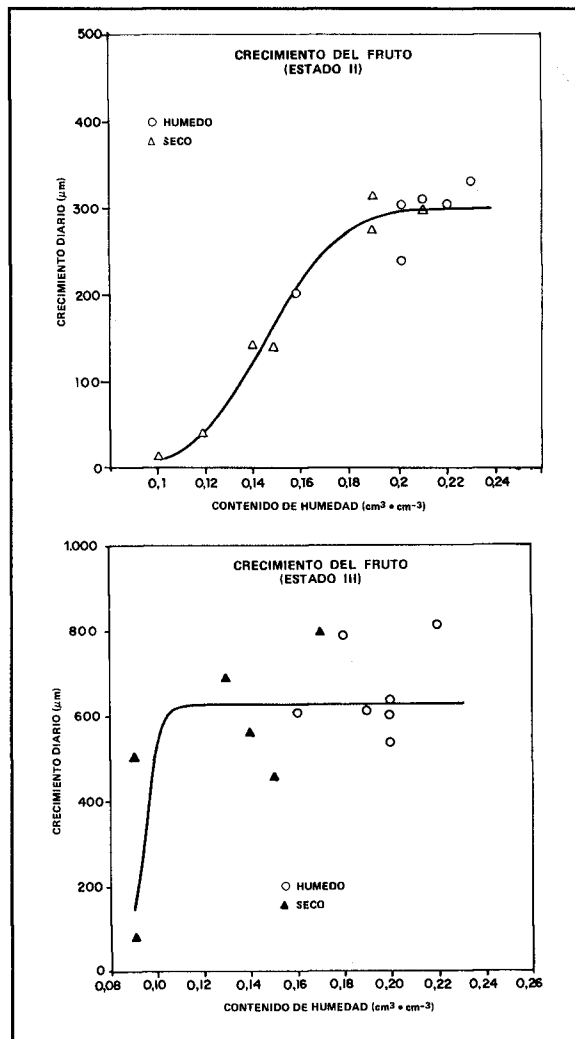


FIGURA 5. Relación entre el contenido de humedad de los primeros 60 cm de suelo y el crecimiento diario del fruto en la fase II (a) y fase III (b), para el tratamiento húmedo (círculos) y seco (triángulos).

FIGURE 5. Relationship between soil water content over 60 cm of soil and daily growth of the fruit at stage II (a) and stage III (b) for wet (circles) and dry (triangles) treatments.

En esta última fase los frutos presentan su mayor demanda por fotosintatos asimilados y acumulan la mayor parte de los solutos osmóticamente activos, en particular azúcares solubles (Chalmers y van den Ende 1975b). Esta acumulación de azúcares puede favorecer la absorción del agua al reducir el potencial osmótico del fruto y mantener su turgor (Jones, Lakso y Silvertsen, 1985). Por otra parte, se ha postulado que durante los períodos en que los frutos presentan una alta demanda de fotosintatos asimilados, el floema puede ser una vía importante de transporte de agua (Ho y Grange, 1987; Berger y Sellés, 1993).

El crecimiento del tronco comenzó a ser afectado a un contenido de humedad cercano a  $0,18 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$  (Figura 6), similar al observado en la fase II de desarrollo de los frutos (Figura 5a), para luego disminuir rápidamente y hacerse negativo cuando el contenido de humedad alcanzó alrededor de  $0,15 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ . De la comparación de las figuras 5 y 6 se desprende que el tronco presentó una mayor sensibilidad al déficit hídrico que los frutos. La distribución preferencial de fotosintatos asimilados hacia los frutos, permitiría favorecer el flujo de agua, y, por lo tanto, mantener el crecimiento de éstos, mientras los troncos manifiestan un déficit hídrico.

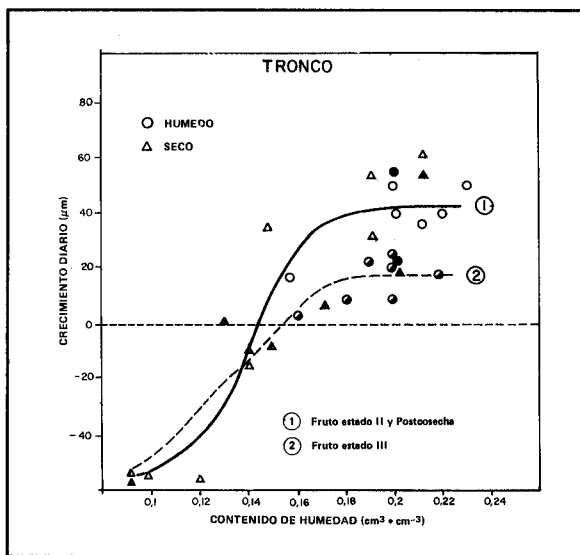


FIGURA 6. Relación entre el contenido de humedad en los primeros 60 cm de suelo y el crecimiento del tronco durante la fase II de desarrollo del fruto y después de cosecha (curva 1) y durante la fase III de desarrollo del fruto, en el tratamiento húmedo (círculos) y en el tratamiento seco (triángulos).

FIGURE 6. Relationship between soil water content over 60 cm of soil and daily growth of the trunk, at stage II of fruit and post harvest period (curve 1) and at stage III of fruit (curve 2) for the wet (circles) and dry treatments (triangles).

El crecimiento diario del tronco sería, por lo tanto, un mejor indicador de las necesidades de riego que el fruto, lo que concuerda con lo encontrado en otras especies frutales (Iancu, 1985).

Es necesario definir, por consiguiente, el umbral de crecimiento diario que decidirá el momento del riego. La definición de este valor es, sin embargo, relativamente compleja, puesto que la magnitud del crecimiento diario, además de la disponibilidad de agua en el suelo, puede ser afectada por otros factores, tales como la carga frutal, la presencia de frutos en el árbol (Assaf, Levin y Bravdo, 1982; Landsberg y Jones, 1981), y la edad de los árboles (Chalmers y van den Ende, 1975a). Por otra parte, el estado fisiológico de los frutos también influye en la magnitud del crecimiento diario, como se desprende al comparar el crecimiento acumulado del tronco y del fruto en el tratamiento húmedo (Figuras 3 y 4), en donde se puede observar que, si bien el crecimiento diario del tronco siempre fue positivo a lo largo de la temporada de crecimiento, la magnitud del crecimiento diario fue menor durante la fase III de desarrollo del fruto, aumentando nuevamente después de la cosecha, sin que esto se pueda atribuir a la humedad presente en el suelo (Figura 6). Este tipo de respuesta ha sido observada en otras variedades de durazneros (Chalmers y Wilson, 1978). El crecimiento diario, como se señaló anteriormente está constituido por una rehidratación de tejidos y un proceso de expansión celular. Este último depende de la actividad del cambium vascular, la cual está determinada por el flujo basipétalo de carbohidratos y reguladores de crecimiento (Kozlowki, 1982). La fuerte demanda de fotosintatos asimilados que presentan los frutos durante su última etapa de crecimiento, podría provocar una disminución de la actividad cambial y reducir la magnitud del crecimiento diario, sin intermediación del contenido de humedad presente en el suelo.

Lo señalado en el párrafo anterior determina dificultades para establecer una magnitud de valor de crecimiento diario del tronco como valor umbral de riego. Sin embargo, si bien la magnitud del crecimiento diario del tronco en el tratamiento húmedo se vio afectada por el estado fisiológico del fruto, éste fue siempre positivo, observándose un crecimiento negativo sólo en el tratamiento seco, sujeto a un mayor déficit hídrico. La Figura 6 muestra que, independientemente del estado fisiológico del fruto y de la presencia de éstos en el árbol, el crecimiento diario del tronco comienza a ser negativo a contenidos muy similares de humedad, cercanos a  $0,15 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ . Se puede postular, entonces, que a partir de este momento, el flujo de absorción de agua por parte de las raíces es insuficiente para satisfacer

el déficit hídrico sufrido por la planta en el transcurso del día. Una satisfacción del déficit hídrico, en ausencia de aumento real del tamaño de las células, queda definido por un valor de crecimiento cero. Este valor que podría ser considerado como umbral de riego, ya que éste se produciría a niveles muy similares de humedad, independientemente del estado fisiológico o de la presencia de frutos en el árbol.

## CONCLUSIONES

El crecimiento diario del tronco presentó una mayor sensibilidad al déficit hídrico que el crecimiento del fruto en cualquiera de sus estados de desarrollo, por lo que puede ser considerado como un buen indicador para definir el momento de riego. El umbral de riego podría quedar definido con un valor de crecimiento cero.

## RESUMEN

Se evaluó el efecto de dos tratamientos de riego sobre el crecimiento diario del tronco y el fruto, en durazneros, con el objeto de determinar su sensibilidad al déficit hídrico, para su utilización como indicadores del momento de riego.

El crecimiento del tronco es más sensible al déficit hídrico que el del fruto y podría ser utilizado como criterio para decidir cuándo regar.

**Palabras claves:** duraznero, frecuencia de riego, crecimiento del fruto, crecimiento de tronco.

## LITERATURA CITADA

- ASSAF, R.; BRAVDO, B. and LEVIN, I. 1974. Effects of irrigation according to water deficit in two different soil layers on the yield and growth of apple trees. *Journal of Horticultural Science* 49: 53-64.
- ASSAF, R.; LEVIN, I. and BRAVDO, B. 1982. Apple fruit growth as measure of irrigation control. *HortScience* 17: 59-61.
- BERGER, A. et SELLES, G. 1991. Les contractions journalières des fruits: Une nouvelle interpretation. *Compte Rendu Academie des Sciences de Paris. Serie III.* p.: 433-439.
- BERGER, A. and SELLES, G. 1993. Diurnal fruit shrinkage: a model. In: M. Borghetti, J. Grace and A. Raschi (ed.). *Water transport in plants under climatic stress.* Cambridge University Press. p.: 261-269.
- BRADFORD, K.J. and HSIAO, T.C. 1982. Physiological response to moderate water stress. In: O.L. Lange, P.S. Nobel, C. Osmond y H. Ziegler (ed). *Encyclopedia of plant physiology, New Series, Vol 12 B. Physiological plant physiology. II. Water relations and carbon assimilation.* Springer-Verlag, Berlin. p.: 181-230.
- BROCHET, P. et GERBIER, N. 1972. Une méthode pratique de calcul de l'évapotranspiration potentielle. *Annales Agronomiques* 23: 31-41.
- CHALMERS, D.J. and VAN DEN ENDE, B. 1975a. Productivity of peach trees. *Annals of Botany* 39: 423-434.
- CHALMERS, D.J. and VAN DEN ENDE, B. 1975b. A reappraisal of growth and development of peach fruit. *Australian Journal of Plant Physiology* 2: 623-634.
- CHALMERS, D.J. and WILSON, I.B. 1978. Productivity of peach trees: Tree growth and assimilation demand. *Annals of Botany* 42: 285-294.
- CHALMERS, D.J.; MITCHEL, P.D. and JERIE, P.H. 1985. The relation between irrigation, growth and productivity of peach trees. *Acta Horticulturae* 173: 283-288.
- ELFVING, D.C. and KAUFMANN, M.R. 1972. Diurnal and seasonal effects of environment on plant water relations and fruit diameter of Citrus. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 97: 566-570.
- GARNIER, E. and BERGER, A. 1986. Effect of water stress on stem diameter changes of peach trees growing in the field. *Journal of Applied Ecology* 23: 193-209.
- GARNIER, E.; BERGER, A. and RAMBAL, S. 1986. Water balance and patterns of soil water uptake in a peach orchard. *Agricultural Water Management* 11:145-158.
- HILLEL, D. 1980. *Applications of soil physics.* Academic Press. New York, London, Toronto, Sydney, San Francisco. 385 p.
- HO, L.C. and GRANGE, R.I. 1987. Diurnal tomato fruit growth in relation to phloem transport. Abstract of XIV International Botanical Congress. Berlin (West). Germany, 24 July to 1 August.
- HUGUET, J.G. et JAUSSELY, B. 1984. Mesures micrométriques des variations de dimensions de différents organes d'un arbre fruitier (tronc, tige, fruit) comme révélateur de sont bilan hydrique. 4<sup>e</sup> Colloque sur les recherches fruitiers-Bordeaux, 1984: 28-29 novembre.
- HUGUET, J.G. 1985. Appréciation de l'état hydrique d'une plante à partir des variations micrométriques de la dimension des fruits ou des tiges au cours de la journée. *Agronomie* 5: 733-741.
- IANCU, M. 1985. Growth rate of apple trunk and fruit-Additional indicators for water needs of fruit trees. *Acta Horticulturae* 171: 417-425.

- JONES, H.G. 1984. Physiological and environmental control of evaporation from plants and implications for plant water status. In: A. Perrier and C. Riou (ed.) *Besoin en eau des cultures*. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris. p.: 23-34.
- JONES, H.G. and HIGGS, K.H. 1985. Water movement into and out of apple fruits. *Acta Horticulturae* 171: 353-359.
- JONES, H.G.; LAKSO, A.K. and SIVERTSEN, J.P. 1985. Physiological control of water status in temperate and subtropical fruit trees. *Hort. Reviews* 7: 301-344.
- KAUFMANN, M. 1976. Water transport through plants: current perspectives. In: I.F. Wardlaw and J.B. Passioura (ed). *Transport and transfert in plants*. Academic Press. p.: 313-327.
- KOZLOWSKI, T.T. 1968. Diurnal changes in diameter of fruits and tree stems of Montmorency cherry. *Journal of Horticultural Science* 43: 1-15.
- KOZLOWSKI, T.T. 1968. Water supply and tree growth. Part I: Water deficits. *Forestry Abstract* 43: 57-95.
- LANDSBERG, J.J. and JONES, H.G. 1981. Apple orchards. In: T.T. Kozlowski (ed). *Plant growth and water deficits*. Academic Press, New York. Vol VI. p.: 419-469.
- LASSOIE, J.P. 1979. Stem dimensional fluctuations in Douglas-fir of different crown classes. *Forest Science* 25: 132-144.
- SELLES, G. and BERGER, A. 1990. Physiological indicators of plant water status as criteria for irrigation scheduling. *Acta Horticulturae* 278: 87-100.
- TROMP, J. 1984. Diurnal fruit shrinkage in apple trees as affected by leaf water potential and vapour pressure deficit of the air. *Scientia Horticulturae* 22: 81-87.