

CRECIMIENTO Y ACUMULACIÓN DE AZÚCARES EN EL FRUTO DE LA VID (*Vitis vinifera* L.) BAJO DIFERENTES CONDICIONES HÍDRICAS

C. Godoy A.
H. Garza S.
M.^a V. Huitrón R.

CIFAP-Comarca Lagunera
Univ. Aut. Agr. Antonio Narro
Apartado Postal 247
Torreón, 27000 Coahuila
México

RESUMEN

Poca investigación ha sido dirigida a conocer como una deficiencia de agua afecta el tamaño y la acumulación de azúcares en el fruto de la vid. Tampoco existe mucha información que relacione cuantitativamente estos dos parámetros con el estado hídrico del racimo o de la hoja. En relación a lo anterior, durante 1994 se realizó un estudio cuyo objetivo principal fue conocer las relaciones hídricas del racimo y de la hoja de la vid, bajo diferentes niveles de agua y su relación con el crecimiento y acumulación de azúcares en el fruto. Para realizar el presente estudio, se utilizó un viñedo de 18 años de edad del Cv Grenache, el cual fue sometido durante la fase III del crecimiento del fruto a tres niveles de la evapotranspiración (ET) que fueron el 0, 30 y 70 %. Tres veces por semana se midió el volumen y gramos de azúcar del fruto, así como el potencial hídrico de la hoja (ψ_h) y del racimo (ψ_r).

Se encontró que el volumen y los gramos de azúcar del fruto en el tratamiento del 70 % de ET fueron significativamente más altos que en los tratamientos del 30 y 0 %. El ψ_r presentó una mayor sensibilidad y respuesta a los tratamientos, que la mostrada por el ψ_h . Cuando el ψ_r alcanza valores de -1.1 MPa, el crecimiento del fruto y la acumulación de azúcar cesan.

Palabras clave: Relaciones hídricas, Crecimiento, Azúcar, Potencial hídrico.

SUMMARY

GROWTH AND SUGAR ACCUMULATION ON GRAPE FRUIT (*Vitis vinifera* L.) UNDER DIFFERENT WATER CONDITIONS

Limited research has been focused to know how a water deficit affect the size and sugar accumulation of the grape fruit. We don't have either, information to relate this two parameters with cluster and leaf water status. During 1994, a study was conducted which main objective was to know cluster and leaf water relations under different soil water conditions and its relation with fruit growth and sugar accumulation. This work was enhanced in a vineyard of 18 years old, planted with the Grenache cultivar, which was subjected during the phase III of the fruit growth to three evapo-

transpiration (ET) levels which were 0, 30 and 70 %. Three times per week, volume and sugar fruit were measured, so that leaf (ψ_l) and cluster (ψ_c) water potential.

It was found that, the values of volume and sugar accumulation of the fruit under the 70 % of ET, were higher than in the 0 and 30 % of ET. ψ_c showed a better response and sensibility to the treatments applied than ψ_l . It seems that, when ψ_c reach values of -1.1 MPa, fruit growth and sugar accumulation ceased.

Key words: Water relations, Growth, Sugar, Water potential.

Introducción

El crecimiento del fruto de la vid (*Vitis vinifera* L.), se ajusta a una curva doble sigmoide donde las fases I y III son separadas por una segunda fase de retraso (COOMBE, 1983; COOMBE, 1976; HARDIE y CONSIDINE, 1976; MATTHEWS *et al.*, 1987; SMART y COOMBE, 1983). Durante la fase I, el crecimiento del pericarpio es rápido, primero debido a la división y elongación celular y más tarde, debido solamente a la elongación celular (HARRIS *et al.*, 1968); durante esta etapa los frutos acumulan ácidos orgánicos, pero muy poca azúcar y permanecen verdes y duros. La fase II, es referida como la fase de retraso del desarrollo, debido a que el crecimiento del fruto disminuye significativamente; reanudándose dicho crecimiento con el inicio de la fase III, como un resultado de la elongación de las células; durante esta fase se acumulan rápidamente azúcares y color en los frutos, y al mismo tiempo la concentración de ácidos orgánicos disminuyen.

La mayoría de los trabajos realizados en este aspecto, se han enfocado a estudiar la fase I y los resultados obtenidos coinciden, en que ésta fase es muy sensible a deficiencias de agua, las cuales afectan en forma irreversible el tamaño del fruto (BUTTROSE, 1974; COOMBE, 1976; HARDIE y CONSIDINE, 1976; LIU *et al.*, 1978). Poca investigación ha sido dirigida a estudiar la fase III, especialmente a conocer como una defi-

ciencia de agua afecta el tamaño y la acumulación de azúcares en el fruto. La poca evidencia existente, se limita a señalar que la baja disponibilidad de agua en el suelo durante la maduración, afecta la translocación de fotosintatos, disminuyéndose el tamaño y la cantidad de azúcares en el fruto; además de provocar un retraso en su maduración (COOMBE, 1976; GODOY y GARZA, 1996). Por otro lado, existe poca información que relacione cuantitativamente el estado hídrico del racimo, con su tamaño y calidad a diferentes intensidades de riego. Todos los trabajos realizados en la vid en este aspecto, han sido dirigidos a estudiar únicamente el estado hídrico de las hojas con el propósito de asegurar un régimen adecuado de riego (GRIMES y WILLIAMS, 1990; HARDIE y CONSIDINE, 1976; KAMANDE *et al.*, 1996; MATTHEWS *et al.*, 1987), desconociéndose por completo el grado de déficit hídrico que experimenta el racimo, por lo que es difícil extrapolar estos resultados de un clima (demanda evaporativa) a otro, o de una textura de suelo (capacidad de almacenamiento de agua) a otra. Esto es claramente demostrado por la variación y la poca consistencia en los resultados de las investigaciones en donde el efecto del riego en el crecimiento vegetativo y reproductivo han sido reportados aún sin la cuantificación del estado hídrico de las hojas (HUITRON y GODOY, 1996; MATTHEWS *et al.*, 1987).

En relación a lo anterior, se realizó un estudio cuyo objetivo principal fue conocer las relaciones hídricas del racimo y de la hoja de la vid, bajo diferentes niveles de agua en el suelo y su relación con el crecimiento y acumulación de azúcares en el fruto.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó durante 1994 en el Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de la Comarca Lagunera, ubicado en Matamoros, Coahuila, México. Se utilizó un viñedo de 18 años de edad del cultivar Grenache, sostenido en una espaldera de telégrafo inclinado, cuya distancia entre hileras y plantas fue de 3,0 y 2,0 m, respectivamente.

Se estudiaron tres tratamientos de riego, los cuales se iniciaron a partir de la fase III del crecimiento del fruto (tres a cuatro días después del inicio del envero o cambio de color) y consistieron en aplicar el 0, 30 y 70 % de la evapotranspiración (ET), aplicándose el agua en forma diaria a través del sistema de riego por goteo. La ET para cada tratamiento se estimó usando la siguiente ecuación:

$$ET = E_0 * K_t * K_c \text{ donde:}$$

$$ET = \text{Evapotranspiración (mm)}$$

$$E_0 = \text{Evaporación en el tanque evaporímetro clase "A" (mm)}$$

$$K_t = \text{Coeficiente del evaporímetro, el cual considera el medio ambiente que rodea al tanque (DOORENBOS y PRUITT, 1975)}$$

$$K_c = \% \text{ de la ET por aplicar (0, 30 y 70 \% de la ET)}$$

Desde la brotación hasta la floración, todo el lote experimental fue irrigado con un criterio uniforme, que consistió en usar el 40 % de la ET; mientras que durante la fase I y II, se usó el 60 % de la ET (GODOY, 1987). Tres días antes de iniciar con los tratamientos, se aplicaron seis horas de riego diarias, con el propósito de recargar el perfil de suelo hasta una profundidad de 00-90 cm.

El experimento se manejó bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, donde la parcela total fueron cuatro hileras con 16 plantas cada una y la parcela útil fueron las dos hileras del centro.

Para conocer el crecimiento y la acumulación de azúcares, se muestrearon al azar 50 frutos, con un intervalo de cada siete días durante las fases I y II, y tres veces por semana durante la fase III. La muestra en cada uno de estos períodos fue dividida en dos grupos de 25 frutos cada uno. Cada grupo fue asignado a varios tipos de medición: a) Peso fresco, que fue determinado pesando los 25 frutos en una balanza de precisión; posteriormente a estos mismos frutos se les midió su volumen, el cual se obtuvo desplazándolas en un volumen conocido de agua destilada y b) Sólidos solubles (grados brix), se determinaron extrayendo el jugo contenido en la otra muestra y colocando unas gotas de éste en el refractómetro manual.

Los gramos de azúcar se estimaron usando la siguiente relación:

$$A = {}^{\circ}B * P \text{ donde:}$$

$$A = \text{Azúcar (gr)}$$

$${}^{\circ}B = \text{Sólidos solubles (fracción del peso de la baya)}$$

$$P = \text{Peso fresco del fruto (gr)}$$

El potencial hídrico (ψ) al mediodía, fue medido tres veces por semana usándose la bomba de presión (Merril speciality Equipment, Logan, Utah). Para realizar esta medición se seleccionaron seis racimos y su hojas opuestas; ambos ubicados en el sexto nudo del brote.

Resultados y discusión

Después del amarre del fruto (figura 1), su volumen se incrementó rápidamente por un período de 30 a 32 días (fase I), posteriormente el volumen mostró incrementos mínimos por alrededor de siete días (fase II); y desde el inicio de la aplicación de los tratamientos que fue a los 45 días después del amarre del fruto (DDAF) y hasta los 60 DDAF, los incrementos en volumen fueron similares entre los tratamientos. Posterior-

mente, el incremento en el volumen fue mayor donde se aplicó el 70 % de la ET que con el 30 %, el cual a su vez fue mayor que en el de 0 %, cuyo volumen ya no cambió desde los 60 hasta los 100 DDAF. El volumen final del fruto en el tratamiento del 70 % fue en un 15 y 25 % más alto que en los tratamientos del 30 y 0 % respectivamente. Se observa también, en esta figura 1, que en el tratamiento del 70 %, el volumen del fruto no cesa al momento de la cosecha (80-85 DDAF), sugiriendo esto que el incremento en el volumen del fruto es mantenido por los valores altos del potencial hídrico del racimo (ψ_r), aún a pesar de valores bajos de potencial hídrico de la hoja (ψ_h) (figura 3). Los resultados anteriores al igual que los encontrados en otros estudios (CONSIDINE y KNOX, 1979; COMMBE, 1976; MATTHEWS *et al.*, 1987), demuestran que una deficiencia de agua en

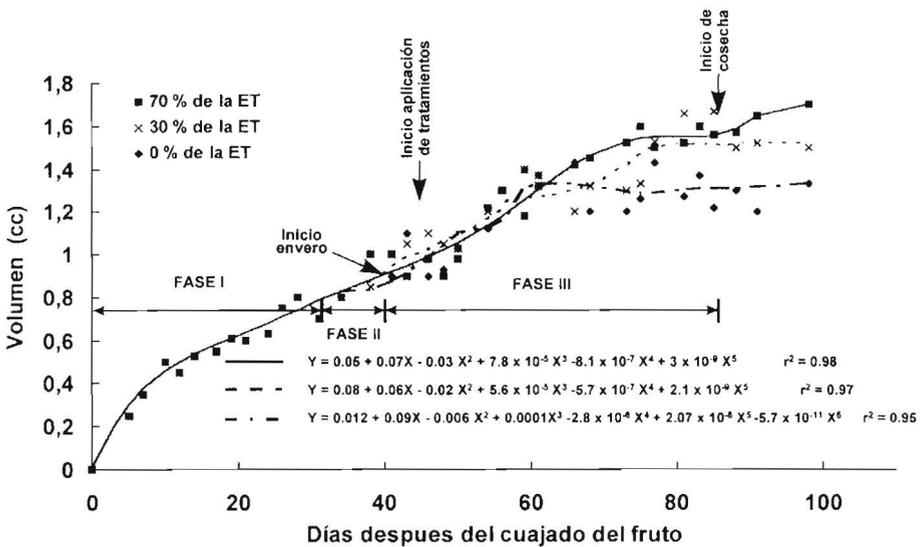


Figura 1. Volumen del fruto de la vid Cv Garnacha Tinta bajo tres niveles de la ET. 1994
 Figure 1. Change in volumen of grape fruit Cv. Grenache under three ET levels. 1994

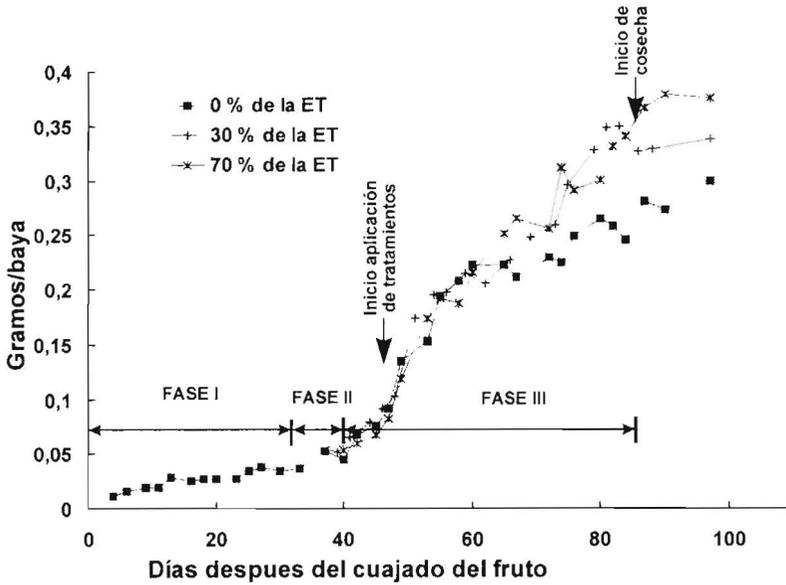


Figura 2. Dinámica de acumulación de azúcar en el fruto de la vid bajo tres niveles de la ET. 1994
 Figure 2. Sugar Accumulation rate of grape fruit under three ET levels. 1994

la fase III, afecta negativamente el volumen del fruto, debido a una turgencia baja que afecta directamente la capacidad de crecimiento o elongación celular (HISAO, 1973; ZIMMERMANN y STEUDLE, 1978).

Durante la fase I y II, que comprendieron desde el amarre del fruto hasta los 40 DDAF (figura 2), el incremento en la cantidad de azúcar es muy baja, fluctuando desde 0,02 gr a los 5 DDAF hasta 0,06 gr a los 40 DDAF. Este comportamiento ha sido relacionado con el hecho de que la contribución del xilema es muy significativa al aportar agua y minerales a la baya, mientras que la contribución con azúcares y agua por el floema es mínima, siendo esta la razón por la cual el azúcar durante esta fase es todavía muy baja (COMMBE, 1992;

CREASY *et al.*, 1993; CREASY y LOMBARD, 1993).

La acumulación más fuerte de azúcar para los tres tratamientos de riego se inició a los 41 DDAF, es decir de tres a cuatro días antes del envero. A partir de esta fecha y hasta los 60 DDAF, no se presentaron diferencias entre tratamientos, debido a que aún en el tratamiento del 0 %, la disponibilidad de agua en el suelo era todavía adecuada. De los 60 hasta los 98 DDAF, la acumulación de azúcar en el tratamiento del 70 %, fue más alta que en los otros dos tratamientos. En el tratamiento del 0 %, los gramos de azúcar no cambiaron por un período de 15 días (60 a los 75 DDAF); después de este período, se incrementaron pero no de una forma significativa. El valor final de azúcar en el tratamiento del 70 %

superó en un 8 y 16 % a los tratamientos del 30 y 0 % de la ET respectivamente. En relación a lo anterior, en trabajos realizados (COOMBE, 1992; CREASY *et al.*, 1993; GODOY y LÓPEZ, 1993), se ha encontrado que precisamente después del inicio del envero, la velocidad de acumulación de azúcar en el fruto se incrementa, debido a que la contribución con agua y minerales por el xilema se ve reducida por un bloqueo de éste (COOMBE, 1992; CREASY *et al.*, 1993; DURING *et al.*, 1987; FINDLAY *et al.*, 1987) que se presenta al tiempo en que la baya inicia la fase III de su crecimiento, que es cuando ha acumulado alrededor de 0,05 a 0,07 gr de azúcar, valor que coincide con el encontrado en el presente estudio. Lo anterior implica que durante esta fase, la mayoría del agua y azúcares que se acumulan en la baya, proceden del floema.

Lo encontrado en el presente estudio, y que coincide con los trabajos arriba men-

cionados, muestra que altas cantidades de azúcar en el fruto podrán ser obtenidas sólo cuando grandes cantidades de agua sean translocadas a éste, por lo que, durante esta fase III, se deberá de tratar de evitar la presencia de estreses de agua, ya que estas afectarán la translocación de azúcares y agua de las hojas u otros órganos de reserva hacia el fruto.

En la figura 3 se muestra la variación en el ψ_h para los tres tratamientos de riego. En el período comprendido desde antes del inicio del envero (41 DDAF) hasta los 59 DDAF, los valores en el tratamiento del 0 % fueron muy similares y estables, siendo estos de -1,2 a -1,3 MPa; para los otros dos tratamientos, los valores del ψ_h fueron más variables pero menos negativos que en el tratamiento del 0 %. En el 70 %, el ψ_h varió de -0,9 a -1,27 MPa; mientras que en el 30 % fue de -1,05 a -1,27 MPa. Estas variaciones en la condición hídrica de las hojas en

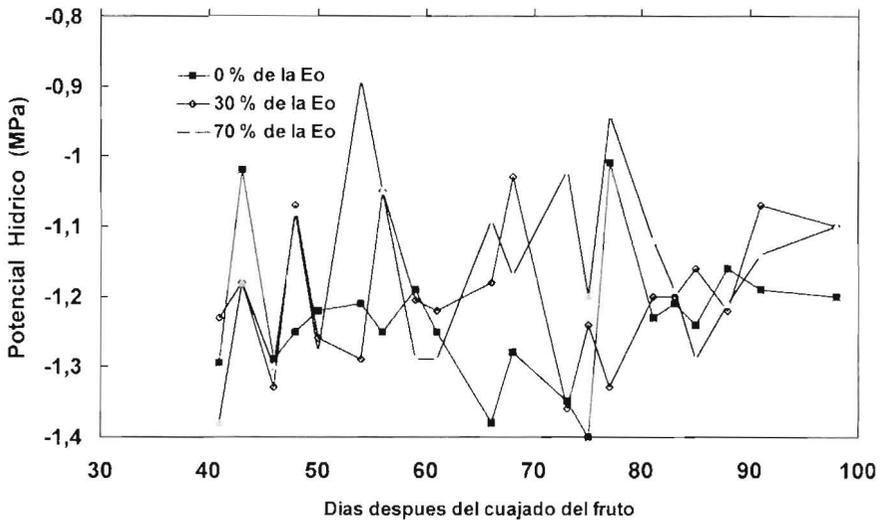


Figura 3. Variación en el potencial hídrico de la hoja de vid bajo tres niveles de la ET. 1994

Figure 3. Changes in grape leaf water potential under three ET levels. 1994

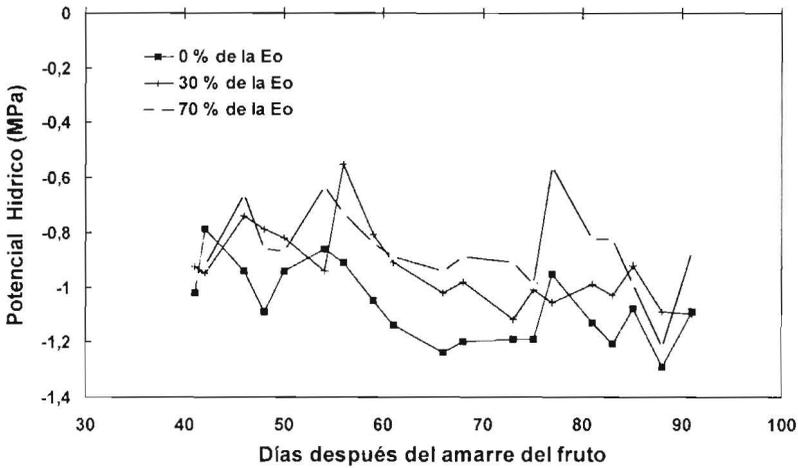


Figura 4. Variación en el potencial hídrico del racimo de la vid bajo tres niveles de la ET. 1994
 Figure 4. Changes in grape cluster water potential under three ET levels. 1994

los tres tratamientos, no influyeron en el incremento en el volumen del fruto durante este período (figura 1).

En el tratamiento del 0 %, a partir de los 59 DDAF (fecha a partir de la cual y por el resto del ciclo, cesa el incremento en el volumen del fruto), el ψ_h , que era de -1,2 MPa, empezó a hacerse más negativo hasta alcanzar su valor más bajo (-1,4 MPa) a los 16 días después de esta fecha. Después de este período con la excepción del día 77 DDAF en que el ψ_h alcanzó valores de -1,0 MPa por la presencia de una lluvia, su valor fue estable durante el resto del ciclo, siendo éste de -1,2 MPa.

En el tratamiento del 30 % a partir de los 59 DDAF y por el resto del ciclo, el ψ_h alcanzó valores ligeramente menos negativos (-1,1 a -1,2 MPa) que el tratamiento del 0 %; mientras que en el tratamiento del 70 %, el ψ_h fue todavía menos negativo que en

los otros dos tratamientos, fluctuando su valor entre -0,95 a -1,15 MPa. Los resultados anteriores reflejan, que la condición hídrica de la hoja en el tratamiento con un mejor nivel de humedad, fue ligeramente más favorable que en los tratamientos con un nivel mas bajo de humedad. Sin embargo, es importante señalar que estas diferencias todavía no reflejan de una manera clara los efectos de los tratamientos estudiados.

En la figura 4, se muestra la variación en el ψ_r para los tratamientos estudiados. Se observa que el ψ_r presentó una menor variación y una mayor respuesta a los tratamientos estudiados que la mostrada por el ψ_h . Desde antes del inicio del envero y hasta los 54 DDAF, la condición hídrica del racimo fue mas favorable en los tratamientos del 70 y 30 % de la ET, en comparación a la alcanzada en el tratamiento del 0 %, pero a pesar de esto, todavía no se detectan

diferencias en la tasa de crecimiento del fruto (figura 1). A partir de los 54 DDAF y hasta los 60, los valores del ψ_r en el tratamiento del 0 % empiezan a hacerse mas negativos, pero a pesar de esto, el crecimiento del fruto es todavía sostenido a la misma velocidad que en los otros dos tratamientos; sin embargo, a partir de los 60 DDAF cuando el ψ_r alcanza valores de -1,1 MPa, el crecimiento del fruto cesa, manteniéndose así por el resto del ciclo en que el valor del ψ_r se mantiene en valores de alrededor de -1,2 MPa.

En los otros dos tratamientos a partir de los 55 DDAF, los valores del ψ_r también empiezan a disminuir, pero se estabilizan a los 62 días con valores de -0,9 y -1,0 MPa en los tratamientos del 70 y 30 % respectivamente, manteniéndose estos valores por casi la totalidad del ciclo. La mejor condición hídrica del racimo en el tratamiento del 70 % se reflejó en una mayor tasa de crecimiento y acumulación de azúcar en el fruto (figura, 1 y 2).

Conclusiones

El volumen final del fruto fue afectado por el tratamiento de riego, siendo el del 70 % de la ET superior en un 15 y 25 % a los tratamientos del 30 y 0 % respectivamente. Este mismo tratamiento superó en un 8 y 16 % en los valores finales de azúcar a los tratamientos del 30 y 0 % respectivamente. Lo anterior indica, que durante la fase III, se deberá de evitar la presencia de estreses de agua para no afectar la translocación de azúcares y agua de las hojas y de los órganos de reserva hacia el fruto.

Las relaciones hídricas del racimo presentaron una mayor sensibilidad y respuesta a los tratamientos de riego que la mostrada por las de la hoja. Así mismo, se encontró que cuando el ψ_r alcanza valores de -1,1 MPa, tanto el crecimiento como la acumulación de azúcar en el fruto cesan. Esto, abre la posibilidad de utilizar en la vid al ψ_r como indicador del riego, así como definir, tanto el momento óptimo en que se debe de irrigar a éste cultivo, como la de extrapolar este resultado a otras regiones vitícolas.

Bibliografía

- BUTTROSE M.S., 1974. Fruitfulness in grapevines: Effects of water stress. *Vitis*., Vol. 12, 299 - 305.
- CONSIDINE J.A. and KNOX R.B., 1979. Development and histochemistry of the cells, cell walls and cuticle of the dermal system of fruit of the grape. *Vitis vinifera* L. *Protoplasma*., Vol. 99, 347-365.
- COOMBE B.G., 1976. The development of fleshy fruits. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, Vol. 27, 207-228.
- COOMBE B.G. 1992. Research on development and ripening of the grape berry. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 43 (1), 101-110.
- CREASY G.L., PRICE S.F. and LOMBARD P.B., 1993. Evidence for xylem discontinuity in Pinot noir and Merlot grapes: dye uptake and mineral composition during berry maturation. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 43 (1), 49-52.
- CREASY G.L. and LOMBARD P.B., 1993. Vine water stress and peduncle girdling effects on pre and post veraison grape berry growth and deformability. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 44 (2), 193-197.
- DOORENBOS J. and PRUITT W. 1975. Guidelines for predicting crop water requirements. *Irrigation and Drainage Paper 24*. FAO, Rome.
- DRING H., LANG A. and OGGIONI F., 1987. Patterns of water flow in Riesling berries in relation to developmental changes in their xylem morphology. *Vitis*., Vol. 26, 123-131.

- FINDLAY N., OLIVER K.J., NILN. and COOMBE B.G., 1987. Solute accumulation by grape pericarp cells. IV. Perfusion of pericarp apoplast via the pedicel and evidence for xylem malfunction in ripening berries. *J. Exp. Bot.*, Vol. 38, 668-679.
- GODOY C., 1987. Aplicación del riego por goteo en vid y nogal. Folleto Técnico No. 3. SARH, INIFAP, CIAN. Campo Agrícola Exp. La Laguna, 17 p.
- GODOY C. y LÓPEZ I., 1993. Los portainjertos de vid para eficientar el uso del agua en condiciones de filoxera, nemátodos y pudrición texana en la Comarca Lagunera. II Ciclo Internacional de Conferencias sobre Viticultura. Hermosillo, Son., México., pag. 26-30.
- GODOY C. y GARZA H., 1996. Relaciones hídricas de hojas y racimos de vid (*Vitis vinifera L*) y su impacto en el crecimiento y calidad del racimo. Memorias XXVII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Obregón, Son. Méx., p. 100.
- GRIMES D.W. and WILLIAMS L.E., 1990. Irrigation effects on plant water relations and productivity of Thompson Seedless grapevines. *Crop Sci.*, Vol. 30, 255-260.
- HARDIE W.J. and CONSIDINE J.A., 1976. Response of grapes to water- deficit stress in particular stages of development. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 27, 55-61.
- HARRIS J.M., KRIEDEMANN P.E. and POSSINGHAM, J.V., 1968. Anatomical aspects of grape berry development. *Vitis.*, Vol. 7, 106-109.
- HSIAO T.C., 1973. Plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, Vol. 24, 519-570.
- HUITRÓN M.V. y GODOY C., 1996. Relaciones hídricas de hojas y bellotas de dos cultivares de algodónero (*Gossypium hirsutum*) bajo dos tratamientos de riego. Memorias del VI Congreso Nacional de la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (DGETA). Cd. Roque, Guanajuato, México.
- KAMADE N.C., OKAMOTO G. and HIRAMO K., 1996. Use of water stress in forcing Kyoho grapevines to produce two crops per year. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 47 (2), 157-162.
- LIU W.T., WENKERT W., ALLEN Jr. L.H. and LEMON, E.R., 1978. Soil- plant water relations in a New York vineyard: Resistances to water movement. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Vol. 103 (2), 226-230.
- MATTHEWS M.A., ANDERSON M.M. and SCHULTZ H.R., 1987. Phenologic and growth responses to early and late season water deficit in Cabernet franc. *Vitis.*, Vol. 25, 147-160.
- SMART R.E. and COOMBE B.G., 1983. Water relations of grapevines. In T.T. Kozłowski (ed.) *Water deficits and plant growth*. Vol. 7. Academic Press, Inc., New York, p. 137-196.
- ZIMMERMANN U. and STEUDLE E., 1978. Physical aspects of water relations of plants cells. *Adv. Bot. Res.*, Vol. 6, 45-117.

(Aceptado para publicación el 14 de mayo de 1998)