ITEA (1995), **Vol. 91V N.º 3,** 175-185

INFLUENCIA DEL RIEGO SOBRE LA ACIDEZ DE MOSTOS EN cv. TEMPRANILLO (V. vinífera L.)

E. García-Escudero*
J. Baigorri**
J.R. Lissarrague***
V. Sotes***
* Centro de Investigaciones Agrarias
de La Rioja.
Apartado 1056.
26080 Logroño.
** Servicio de Viticultura y Enologia
Diputación Foral de Alava
01300 Laguardia (Alava)
*** E.T.S.I.A.
Ciudad Universitaria.
28040 Madrid.

RESUMEN

Se estudia en viñedos de Rioja Alavesa, sobre cv. Tempranillo y durante el trienio 1985-1987, los efectos del aporte de dosis moderadas de riego (volúmenes estacionales de 1500 m^3/ha y de 3000 m^3/ha), sobre la acidez del mosto.

En términos generales, hemos podido observar que los mostos de parcelas regadas presentan mayores valores de acidez total, una tendencia a la baja de sus pH, contenidos más elevados de ácido málico e inferiores de ácido tartárico, así como niveles más reducidos de potasio.

Palabras clave: Riego, acidez, mosto, Tempranillo.

SUMMARY

INFLUENCE OF IRRIGATION WATER ON MUST ACIDITY IN CV. TEMPRANILLO (V. Vinífera L.)

This paper concers the study of the effect of applying moderate quantities of irrigation water (seasonal totals of 1500 m^3/ha and 3000 m^3/ha) on must acidity, to vines of the Tempranillo variety in the Rioja Alavesa sub-region during the years: 1985-1987.

The following general conclusions were that the must showed a higher total acid content, a tendency for reduced pH's, increased levels of malic and lower reading tartaric acid, as well as a reduction in the potassium content.

Key words: Irrigation, acidity, must, Tempranillo.

Introducción

El problema de la disminución de acidez en mostos y vinos, es causa de preocupación en la viticultura mundial. Son muchos los autores que consideran que tal circunstancia no solo debe abordarse en su vertiente enológica, sino más bien bajo una perspectiva fisiológica y agronómica, ya que el equilibrio ácido-base de los mostos depende en gran medida de las aptitudes genéticas de la planta, de las características del medio y del efecto modulador de las técnicas de cultivo (LÓPEZ et al., 1991).

En este sentido, el riego ejerce una clara influencia sobre la evolución y contenido final de los ácidos orgánicos, entre otras razones debido al incremento de la producción y del vigor unitario de la planta, a la modificación de su microclima o bien por su incidencia en la dinámica de absorción de potasio.

Aunque con frecuencia se observe que el riego supone un aumento global de la acidez del mosto (BOUBALS et al., 1984), alcanzándose los valores más extremos de acidez en aquellos viñedos que reciben las aportaciones de agua más elevadas (LISSARRAGUE, 1986; ANTONACCI, 1987; GARCÍA-ESCUDERO, 1991), la respuesta es variable y en ocasiones contradictoria. Por ello, no debe extrañar que algunos trabajos lleguen a conclusiones tales como que el riego produce una disminución de la acidez o bien que ésta se mantiene indiferente (RAPOSO-RODRÍGUES,1987; MATTHEWS y ANDERSON, 1988).

En relación al pH, tampoco existe una tendencia definida ni con la dosis de riego ni con el momento de aplicación (MIALI, 1984). Mientras que NEJA et al.(1977), LISSARRAGUE (1986), LOUE et al.(1987), GARCÍA-ESCUDERO (1991) y BARTOLOMÉ (1993), indican que el pH de los mostos de parcelas regadas tiende a disminuir, CHAMPAGNOL (1986) observa que si bien puede darse una ligera disminución del pH en el mosto de parcelas regadas, como consecuencia de una mayor proporción de ácido málico respecto al ácido tartárico, posteriormente el pH puede aumentar en el vino, ya que no solo el ácido málico es más débil que el tartárico, sino que también es probable que la fermentación maloláctica se produzca, proceso frecuente en Rioja Alavesa por sus peculiares técnicas de elaboración. Por su parte, HEPNER et al. (1985) y MATTHEWS y ANDERSON (1988) no han obtenido diferencias significativas entre el pH de mostos de viñas regadas y no regadas.

Durante los años 1985, 1986 y 1987, se llevaron a cabo unas experiencias en viñedos de la DOC. Rioja, con objeto de contribuir al estudio de la incidencia del riego sobre parámetros que determinan la acidez del mosto.

Material y métodos

El estudio se ha realizado en viñedos de Laguardia (Rioja Alavesa), en una zona de influencia mediterránea, con precipitaciones inferiores a los 500 mm y temperatura media anual de 13.5°C. A la hora de establecer el criterio de elección de los diferentes niveles de alimentación hídrica, se tuvieron en cuenta dos consideraciones básicas:

– Los resultados obtenidos por LISSARRAGUE (1986) en las mismas condiciones de trabajo, y los de otros autores

como COLAPIETRA (1984), LIUNI et al.(1985), MIALI et al. (1985) y ANTONACCI (1987), en los que se puede observar que la aplicación de volúmenes moderados de agua en zonas semiáridas de influencia mediterránea, con precipitaciones inferiores a los 500 mm, supone una mejora cuantitativa, y en muchos casos cualitativa, de la producción de viñedos con baja densidad de plantación, como es el caso que nos ocupa: un viñedo de la variedad Tempranillo (sobre R-110), con una densidad de plantación de 2850 cepas/ha (2,50 x 1,40 m), conducido en espaldera y sistema de poda Guyot mixto, que distribuye una carga individual de 10-12 yemas.

– El establecimiento del balance hídrico para el año medio, que alcanza un déficit en torno a los 300 mm. Cabe destacar que durante los tres años de estudio, los valores del déficit hídrico (Método de Blaney-Criddle, modificado por DOORENBOS y PRUITT,1976) fueron:

- Año 1985: 263 mm
- Año 1986: 398 mm
- Año 1987: 281 mm

Teniendo en cuenta estas observaciones, y durante un período de 15 a 18 semanas, que abarcaría desde el momento en que los brotes alcanzan una longitud de 15-20 cm (2ª quincena de Mayo) y hasta dos semanas antes de la fecha presumible de vendimia (según evolución del proceso de maduración), se establecieron tres tratamientos hídricos o dosis de riego:

– Testigo (T):

Parcelas que no reciben ningún aporte de agua distinto al de las precipitaciones naturales.

– Dosis-1 (D1):

Aplicación localizada de 1500 m^3/ha (150 mm), durante el período considerado.

– Dosis-2 (D2):

Aplicación localizada de 3000 m^3/ha (300 mm), durante el mismo período.

En el momento de la vendimia, y sobre el mosto procedente de 400 bayas de cada parcela elemental o repetición, se procedió a evaluar la influencia del riego sobre la acidez mediante el análisis de parámetros que la definen: Acidez total (g/l de ác. tartárico), pH, contenido en ácido málico (g/l) y ácido tartárico (g/l), relación tartrato/malato y nivel de potasio (ppm).

Resultados y discusión

La influencia que la aplicación de dosis moderadas de agua ejerce sobre parámetros que contribuyen a definir la acidez del mosto, quedan reflejados en las Tablas nº 3, 4, 5, 6, 7 y 8. Por otra parte, y teniendo en cuenta la incidencia más o menos directa de otros parámetros, las Tablas nº 1 y 2 aportan datos del efecto que el riego tiene sobre la producción, el vigor y la concentración de azúcares alcanzada.

En cada Tabla aparecen los valores medios del parámetro considerado para cada tratamiento (T=Testigo; D1=150 mm; D2=300 mm) y año de estudio. El resultado del análisis de varianza (G.S.) se expresa como: NS, no significativo; *, $p<0,05$; **, $p<0,01$; ***, $p<0,001$. Los tratamientos con letras distintas difieren significativamente ($p<0,05$) en el Test de Duncan.

Producción y vigor

Tal y como puede observarse en la Tabla nº1, el riego ha ejercido un efecto positivo bajo el punto de vista productivo, aumentando en todo momento la producción unitaria, el peso del racimo y el peso y tamaño final de la baya. No obstante, el rendimiento no ha aumentado al hacerlo la dosis de agua, de tal modo que la aplicación de 1500 m^3/ha (D1) resulta satisfactoria, alcanzándose un "techo productivo" que el aporte de 3000 m3/ha no ha podido superar.

En relación al vigor, caracterizado por el peso de madera exportada en la poda, se alcanzan valores superiores en las parcelas regadas, siendo más elevados a medida que aumenta el volumen de agua aportado. Esta circunstancia tendrá sin duda una clara influencia sobre la actividad vegetativa de la planta y el microclima de hojas y racimos.

Concentración de azúcares

El riego no ha modificado de forma apreciable la concentración de azúcares en el mosto, expresado como grado probable, dándose la circunstancia, según año y nivel de riego, en que incluso el contenido de azúcares es superior en parcelas regadas, sobre todo cuando se aplican los volúmenes de agua más elevados (D2). Esto indica a su vez, que si bajo un punto de vista productivo la dosis de agua más moderada (D1) resultaba satisfactoria, esta última no ha sido capaz de alcanzar concentraciones de azúcar suficiente para niveles de producción semejantes.

Acidez

Aunque en la situación inicial (1985), los valores de acidez no muestran diferencias significativas entre parcelas regadas y no regadas, el comportamiento observado en

CUADRO 1
EFECTO DEL APORTE DE DOSIS MODERADAS DE AGUA SOBRE PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN Y DESARROLLO VEGETATIVO. LAGUARDIA 1985, 1986 Y 1987

Tratamiento	1985				1986				1987			
Parámetro	T	D1	D2	G.S	T	D1	D2	G.S	T	D1	D2	G.S
Producción unit.	5.18 a	6.80 a	6.66 b	**	2.88a	6.18 b	5.77 b	***	3.50 a	5.68 b	5.88b	***
Peso medio racimo	267 a	345 b	324 b	**	178 a	351 b	343 b	***	197 a	290 b	322 b	***
Peso de 100 bayas	150 a	233 c	212 b	***	135 a	243 b	248 b	***	168 a	214 b	224 b	***
Peso madera poda	–	–	–	–	0.43a	0.95 b	1.49 c	***	0.48 a	0.93 b	1.49c	***

T = Testigo
D1 = Aplicación localizada de 150 mm.
D2 = Aplicación localizada de 300 mm.
Producción unit. = Producción unitaria (kg/cepa)
Peso medio del racimo (g) Peso de 100 bayas (g)
Peso de madera de poda (kg/cepa)

CUADRO 2
EFECTO DEL APORTE DE DOSIS MODERADAS DE AGUA SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE AZÚCARES EN EL MOSTO, EXPRESADA COMO GRADO PROBABLE. LAGUARDIA 1985, 1986 Y 1987

AÑO	DOSIS	T	D1	D2	G.S.
1985		11.02 a	12.17b	12.20b	***
1986		12.20b	11.57a	12.58b	**
1987		11.32	10.95	11.28	NS

T, D1, D2 = Ver Cuadro 1

los dos años siguientes pone de manifiesto que el riego ha supuesto un aumento de la acidez total del mosto.

Por otra parte, este aumento de acidez es más notable cuando el aporte de agua es mayor (300 mm), ya que para la dosis más baja (150 mm), la acidez se mantiene indiferente o el incremento es menos acusado en relación al Testigo (T).

El comportamiento de la acidez está en gran parte ligado a la dinámica de los ácidos orgánicos presentes en la uva, es decir, el ácido málico y el ácido tartárico, situación que será objeto de comentario más adelante. Se podrá comprobar que el aumento de acidez al que aludimos, se ha debido básicamente al incremento experimentado por el ácido málico en las parcelas regadas.

pH

La respuesta del pH a los diferentes niveles de alimentación hídrica, manifiesta un alto grado de heterogeneidad en el tiempo. No obstante, se observa una tendencia a presentar valores más bajos en aquellas parcelas que reciben el mayor aporte de agua (D2).

Cabe destacar que esta tendencia observada en los mostos, no tiene por qué ser la misma en el vino, ya que los mostos de parcelas regadas pueden presentar pH más bajos, caso que nos ocupa, por una mayor acumulación de ácido málico en relación al ácido tartárico (más estable y fuerte que el ácido málico), y sin embargo posteriormente dar lugar a vinos con pH más elevados por una menor aportación del ácido tartárico (CHAMPAGNOL, 1986).

Contenido en ácido málico

Quizás uno de los efectos más evidentes del riego haya sido el aumento experimentado por los niveles de ácido málico en las parcelas regadas, llegándose a producir diferencias máximas del orden del 80% respecto al Testigo para el año 1986, y en torno al 30% en los otros dos años de estudio. Por otra parte, hay que destacar que no se establecen diferencias cuando se comparan las dosis de riego, si bien existen niveles ligeramente superiores en aquellas parcelas que

CUADRO 3
EFECTO DEL APORTE DE DOSIS MODERADAS DE AGUA SOBRE LA ACIDEZ DEL MOSTO: ACIDEZ TOTAL (G/L DE AC. TARTÁRICO). LAGUARDIA 1985, 1986 Y 1987

AÑO \ DOSIS	T	D1	D2	G.S.
1985	5.67	5.60	5.63	NS
1986	6.12a	6.82b	7.25b	***
1987	4.88a	5.15a	5.48b	***

T, D1, D2 = Ver Cuadro 1

CUADRO 4
EFECTO DEL APORTE DE DOSIS MODERADAS DE AGUA SOBRE LA ACIDEZ DEL MOSTO: PH. LAGUARDIA 1985, 1986 Y 1987

AÑO \ DOSIS	T	D1	D2	G.S.
1985	3.28a	3.36b	3.32ab	*
1986	3.36b	3.28ab	3.21a	*
1987	3.49b	3.51b	3.36a	**

T, D1, D2 = Ver Cuadro 1

reciben la dosis de agua más moderada (150 mm). Por tanto, podríamos decir que en nuestras condiciones de trabajo, la concentración final de ácido málico en el mosto no se ha visto afectada por la cantidad de agua aplicada.

El incremento de ácido málico en las parcelas regadas, podría imputarse, por un lado a una mayor concentración de este ácido al final de la fase herbácea del desarrollo de la baya, lo que permitiría disponer en el inicio de la maduración de unos valores de ácido málico que contribuirían a minimizar las pérdidas de éste por fenómenos de dilución. Hay muchos autores (VAN ZYL, 1984; BRAVDO et al., 1985; MATTHEWS y ANDERSON, 1988; GARCÍA-ESCUDERO, 1991) que ponen de relieve la importancia que tiene la disponibilidad de agua en el período comprendido entre cuajado y envero, coincidiendo con la Fase I del desarrollo de la baya, en el contenido final de ácido málico en el mosto, observando que el déficit hídrico antes del envero hace caer su concentración.

Por otra parte, los niveles de ácido málico se mantendrían superiores en las parcelas regadas debido a una menor degradación de este ácido en concepto de combustión, hecho ligado al microclima luminoso y tér-

CUADRO 5
EFECTO DEL APORTE DE DOSIS MODERADAS DE AGUA SOBRE LA ACIDEZ DEL MOSTO: CONTENIDO DE AC. MÁLICO (G/L). LAGUARDIA 1985, 1986 Y 1987

AÑO	DOSIS	T	D1	D2	G.S.
1985		2.07a	2.72b	2.63b	***
1986		2.10a	3.89b	3.83b	***
1987		2.42a	3.30b	3.10b	*

T, D1, D2 = Ver Cuadro 1

mico de los racimos, que quedan más sombreados y menos expuestos a la acción de la radiación solar y de la temperatura, consecuencia todo ello de un mayor desarrollo vegetativo y masa vegetal inducido por el riego (KLIEVER, 1964).

Contenido en ácido tartárico

A diferencia que en el caso del ácido málico, los niveles de ácido tartárico en mostos procedentes de parcelas regadas son siempre significativamente inferiores a los obtenidos en las parcelas testigo, con una disminución media entre el 10% y el 20%, según años y dosis. Esta consideración viene a confirmar que las diferencias de acidez observadas a favor de las parcelas regadas, se deben fundamentalmente a una mayor concentración de ácido málico.

En consonancia con lo expuesto por CHAMPAGNOL (1986) y ZAMBONI et al. (1987) observamos, que si bien existe un paralelismo positivo entre contenido de ácido málico, producción y vigor, en el caso del ácido tartárico se establece una relación negativa de éste con los niveles de ácido málico, rendimiento y vigor. Dada la mayor estabilidad del ácido tartárico respecto al ácido málico durante el proceso de maduración, hemos de buscar explicación al descenso de ácido tartárico en mostos de parcelas regadas, por fenómenos de dilución, habida cuenta de que en estas parcelas, tanto la producción unitaria como el peso y tamaño final de la baya, son significativamente superiores en comparación con el Testigo.

Esta circunstancia queda en parte ratificada por la correlación negativa y altamente significativa que se establece en nuestro estudio, entre niveles de ácido tartárico (y ; g/l) y la producción unitaria (x_1 ; kg) por una parte, y el peso de 100 granos por otra (x_2 ; g), de tal modo que a medida que aumenta el rendimiento y el tamaño de la baya, disminuye el contenido de ácido tartárico en el mosto:

Relación tartrato/malato

El pH del mosto, pero sobre todo el del vino, depende en gran medida de la relación existente entre el ácido tartárico y el ácido málico. La evolución de la relación Tartrato/Malato va en paralelo a la de los ácidos tartárico y málico. Durante los tres años de estudio, se mantienen constantes las diferencias significativas para la relación

CUADRO 6
EFECTO DEL APORTE DE DOSIS MODERADAS DE AGUA SOBRE LA ACIDEZ DEL MOSTO: CONTENIDO EN AC. TARTÁRICO (G/L). LAGUARDIA 1985, 1986 Y 1987

AÑO	DOSIS T	D1	D2	G.S.
1985	6.82b	5.32a	5.74a	***
1986	7.53c	6.23a	6.57b	***
1987	5.81b	5.21a	5.29a	***

T, D1, D2 = Ver Cuadro 1

CUADRO 7
CORRELACIÓN Y REGRESIÓN LINEAL EXISTENTE ENTRE LA PRODUCCIÓN UNITARIA (X1), EL PESO DE 100 BAYAS (X2), Y EL ÁCIDO TARTÁRICO (Y).

1985	r = -0,560 (*) y = -0,365 x1 + 8,227 (*)	r = -0,848 (*) y = -0,017 x2 + 9,324 (*)
1986	r = -0,752 (***) $y = -0,225\ x_1 + 8,038$(***)	r = -0,892 (***) $y = -0,010\ x_2 + 8,790$(***)
1987	r = -0,810 (***) $y = -0,194\ x_1 + 6,412$(***)	r = -0,704 (***) $y = -0,008\ x_2 + 7,026$(***)

entre parcelas regadas y no regadas, siendo siempre superior para el Testigo, sin darse prácticamente diferencias cuando se comparan dosis entre sí.

Contenido en potasio

Son muchos los autores que confirman el aumento de la concentración de potasio en los mostos procedentes de parcelas regadas, ya que el riego al mantener o restaurar la actividad de las raíces superficiales, hace que la planta se beneficie de un medio enriquecido en potasio, por lo que así se mejora la nutrición potásica de la vid. Sin embargo, en nuestras condiciones de trabajo, no se detectan diferencias significativas entre tratamientos en lo que a niveles de potasio se refiere, aunque las parcelas regadas, y sobre todo aquellas que reciben mayor dotación de agua (D2), presentan unas concentraciones de potasio inferiores a las del Testigo. Tal situación concuerda con otros trabajos, en los cuales el nivel de potasio permanece similar, e incluso más bajo, en viñedos que reciben un aporte adicional de agua (LISSARRAGUE, 1986; MATTHEWS y ANDERSON, 1988; GARCÍA-ESCUDERO, 1991).

Esta circunstancia podría justificarse en nuestro caso por un fenómeno de dilución, ya que las vides que reciben aporte de agua alcanzan producciones unitarias y un peso

CUADRO 8
EFECTO DEL APORTE DE DOSIS MODERADAS DE AGUA SOBRE LA ACIDEZ DEL MOSTO: RELACIÓN MOLAR TARTRATO/MALATO. LAGUARDIA 1985, 1986 Y 1987

AÑO	DOSIS T	D1	D2	G.S.
1985	2.98 b	1.76 a	1.95 a	***
1986	3.22 b	1.43 a	1.55 a	***
1987	2.22 b	1.42 a	1.55 a	**

T, D1, D2 = Ver Cuadro 1

CUADRO 9
EFECTO DEL APORTE DE DOSIS MODERADAS DE AGUA SOBRE LA ACIDEZ DEL MOSTO: CONTENIDO EN POTASIO (PPM). LAGUARDIA 1985, 1986 Y 1987

AÑO	DOSIS T	D1	D2	G.S.
1985	–	–	–	–
1986	1758	1657	1585	NS
1987	1572	1630	1396	NS

T, D1, D2 = Ver Cuadro 1

de la baya netamente superiores a los niveles que se alcanzan en las parcelas no regadas, y aunque en términos absolutos las plantas regadas hayan podido absorber más potasio, éste se diluye en una masa vegetal y un volumen de cosecha mucho mayor. En este sentido, la relación hollejo/pulpa disminuye con el riego , favoreciendo así la dilución.

Por otra parte, al no acompañar el abonado a la aplicación del riego por goteo y al realizarse en la finca objeto de estudio una fertilización localizada en el centro de la calle, lejos de la zona humectada por los goteros, la absorción potencial de potasio, como consecuencia del aporte de agua, queda minimizada.

Conclusiones

De la discusión de los resultados obtenidos en el presente trabajo, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

– Por lo general, el riego ha supuesto un aumento de la acidez del mosto, incremento que fundamentalmente se debe al aumento de su contenido en ácido málico, y que resulta ser más importante a medida que aumenta la cantidad de agua aplicada.

– Aunque la respuesta del pH es poco uniforme, se observa una tendencia a obtener mostos con pH más bajos por aplicación del riego.

– Las parcelas regadas experimentan siempre un aumento del contenido de ácido málico y una disminución de ácido tartárico. Como consecuencia de ello, la relación Tartrato/Malato se mantiene en todo momento inferior con la aplicación del riego.

– En relación al nivel de potasio alcanzado por los mostos, no se observan diferencias entre parcelas regadas y no regadas, si bien el contenido es ligeramente inferior en parcelas con riego.

Agradecimientos

Agradecemos la ayuda prestada por Pilar Santamaría Aquilué y Olga Zaballa Ogueta, del Centro de Investigaciones Agrarias de La Rioja.

Bibliografía

ANTONACCI., 1987. Influenza della "non coltura" e della disponibilitá idrica sulla produzione della vite nell'ambiente caldo-arido. Vignevini, 6, 31-40.

BARTOLOME C., 1993. Respuestas de la Vid (V. vinífera L.) a condiciones de estrés hídrico: efectos sobre las relaciones agua-planta, el crecimiento, la producción y la calidad (cv. Tempranillo). Tesis Doctoral. Departamento de Producción Vegetal:Fitotecnia. Universidad Politécnica de Madrid.

BOUBALS D., MERIAUX D., ROLLIN H., PANINE M., POTIER JM., LESSUT J., GUIRAUD JL., 1984. Résultats d'un essai d'irrigation par aspersion sur sept variétés de vigne dans le sud de la France. Bull. O.I.V., 641-642, 597-605.

BRAVDO V., HEPNER Y., LOINGER S., COHEN S., TABACMEN H., 1985. Effect of irrigation and crop level on growth field and wine quality of Cabernet Sauvignon. Am. J. Enol. Vitic., 36, 132-139.

CHAMPAGNOL F., 1986. L'acidité des moûts et des vins (II partie). Facteurs physilogiques et agronomiques de variation. Progrés Agricole et Viticole, 103, n°20, 463-465.

COLAPIETRA., 1984. Influenza del volume stagionale e del metodo di distribuzione dell'acqua sulla qualitá e quantitá di uva da vino nell'ambiente caldo-árido dell'Italia Meridionale. Riv. Vitic. Enol., 37, 234-250.

DOORENBOS J., PRUITT WO., 1976. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudios FAO : Riego y drenaje, n° 24.

GARCÍA-ESCUEDRO E., 1991. Influencia de la dosis y del momento de aplicación del riego sobre la producción, desarrollo vegetativo, calidad del mosto y nutrición mineral en la vid (V. vinífera L.). Tesis Doctoral. Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia. Universidad Politécnica de Madrid.

HEPNER Y., BRAVDO B., LOINGER C., COHEN S., TABACMAN H., 1985. Effect of drip irrigation schedule on growth yield, must composition and wine quality of Cabernet Sauvignon. Am. J. Enol. Vitic., 36, 77-85.

KLIEVER WM., 1964. Influence of environment on metabolism of organic acids and carbohydrates in Vitis vinífera. I. Temperature. Plant. Physiol., 39, 869-871.

LISSARRAGUE JR., 1986. Estudio de los efectos del riego en la producción, desarrollo vegetativo, calidad del mosto y nutrición mineral en la vid. Tesis Doctoral. E.T.S.I.A. de Madrid.

LUICI CS., ANTONACCI., COLAPIETRA M., 1985. Un settenio di sperimentazione irrigua sul vigneto in ambiente "caldo-árido". Riv. Vitic. Enol., 38, 208-215.

LÓPEZ R., SANTAMARÍA P., LÓPEZ T., COMI A., 1991. Estudio de la caída de acidez en vinos de Rioja. Vitivinicultura, 3, 55-59.

LOUE A., BOULAY H., PANINE M., LESSUT J., 1987. Interactions entre régime hydrique et nutrition minérale de la vigne dans un essai factoriel en cases lysimétriques. Comunicación al III Symposium International sur Physiologie de la Vigne. Bourdeaux (France), 1986, 214-222.

MATTHEWS MA., ANDERSON MM., 1988. Fruit ripering in V. vinífera L.: Responses to seasonal water deficits. Am. J. Enol. Vitic., 39 (4), 313-320.

MIALI G., 1984. Influenza dell'intervento irriguo sulla qualitá del mosto di quatro cultivar di vite per uva da vino nel Tavoliere di Puglia. Vignevini, 11, 23-31.

MIALI G., GATTO L., TAGLIENTE., 1985. Influenza dell'intervento irriguo sulle rese produttive di quatro cv. di vite per uva da vino nel Tavoliere di Puglia. Vignevini, 12, 59-67.

NEJA RA., WILDMAN WE., AYERS RS., KASIMATIS AN., 1977. Grapevine response to irrigation and trellis treatments in the Salinas Valley. Am. J. Enol. Vitic., 28, 16-26.

RAPOSO-RODRIGUES ML., 1987. Régime hydrique de la vigne. Conséquences sur quelques aspects physiologiques et sur la production. Comunicación al III Symposium International sur Physiologie de la Vigne. Bourdeaux (France), 1986, 292-297.

VAN ZYL JL., 1984. Response of Colombar grapevines to irrigation as regards quality aspects and growth. South Afr. J. Enol. Vitic., 5, 19-28.

ZAMBONI M., IACONO F., FREGONI M., 1987. Influence de l'époque de sécheresse sur la production et sur la qualité du moût des vignes cultivées en pot. Comunicación al III Symposium International sur Physiologie de la Vigne. Bourdeaux (France), 1986, 223-228.

(Aceptado para publicación el 23 de octubre de 1995)