

Respuesta agronómica de la variedad *Moscatel de Alejandría* al riego en clima mediterráneo

I. Buesa*, D. Pérez, J. Castel, L. Bonet, D.S. Intrigliolo y J.R. Castel.

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Apartado Oficial 46113, Moncada (Valencia). *E-mail: buesa_ign@gva.es

Resumen

Cuatro diferentes estrategias de riego se estudiaron durante 2012 y 2013 en un viñedo adulto de uva blanca de la variedad *Moscatel de Alejandría/161-49C* regado por goteo en Villamarchante (Valencia): Testigo, cepas regadas al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ET_c) desde que el potencial hídrico de tallo (Ψ_{tallo}) alcanzó -0.65 MPa hasta final de campaña; Riego Deficitario Sostenido (RDS), regado al 50% del Testigo durante toda la campaña; Déficit pre-verno (DPre), retraso del inicio del riego durante la primavera hasta alcanzar -1.0 MPa de Ψ_{tallo} ; Déficit post-verno (DPost), regado como el Testigo hasta enero, posteriormente al 25% de la ET_c hasta vendimia. La producción se redujo en el DPre en ambas campañas y en todos los tratamientos deficitarios en 2013 respecto del Testigo (por disminución de la fertilidad y del peso de racimo). Únicamente el DPre en 2012 redujo el peso de baya (-14%) que fue acompañado de un incremento en los sólidos solubles totales. No obstante, las diferencias en la composición química de la uva entre tratamientos fue mínima, con ligera tendencia a aumento de la acidez titulable al hacerlo el volumen de riego. El crecimiento vegetativo fue significativamente mayor en el Testigo que en el resto de tratamientos (incrementos significativos del área foliar y del peso de poda). Por todo ello, bajo las condiciones de escasez de recursos hídricos de la zona de ensayo, la estrategia de riego más conveniente ha sido el RDS, pues permite incrementar significativamente la eficiencia del uso del agua manteniendo el 87% del potencial productivo de la variedad *Moscatel de Alejandría*.

Palabras clave: *Vitis vinifera*, riego por goteo, potencial hídrico de tallo, composición de la uva.

INTRODUCCIÓN

La variedad *Moscatel de Alejandría* es una variedad de uva blanca de *Vitis vinifera* que se cultiva en toda la cuenca Mediterránea desde hace mucho tiempo. Es la variedad principal en las denominaciones de origen de Málaga y Valencia. En esta última las localidades de Cheste, Godolleta y Turís son las que mayor superficie albergan (2.800 ha aprox.). Actualmente se dedica a consumo en fresco, preparación de pasas de uva y a elaborar vinos tanto secos como espumosos, así como para elaboración de licor de vino, la denominada “mistela”.

El riego empieza a ser una técnica de cultivo habitual en la viticultura mediterránea, siendo el principal factor de regulación del estado hídrico de las cepas (Williams y Matthews, 1990), y tiene un efecto esencial sobre la productividad del viñedo y sobre la composición de la uva (Jackson y Lombard, 1993). En líneas generales puede afirmarse que el riego de la vid cuando es aplicado para cubrir la totalidad de sus necesidades hídricas, tiende a incrementar el crecimiento vegetativo, la producción y a

diluir los componentes de calidad de los vinos (Williams y Matthews, 1990). En variedades tintas, hay evidencia de que un déficit hídrico moderado puede reducir ligeramente el rendimiento pero ser beneficioso para algunos parámetros de composición de los vinos (Matthews y Anderson, 1988; Jackson y Lombard, 1993; McCarthy, 1997). En variedades blancas, sin embargo, los experimentos no son tan concluyentes. Por ejemplo, Wample y Smithyman (2002) evaluaron durante seis años el efecto del riego deficitario controlado (RDC) aplicado antes y después del envero en cv. Sauvignon blanc en Columbia (EE.UU) obteniendo que el RDC pre-envero redujo el crecimiento vegetativo, así como el peso de poda. Aunque también afectó el peso de la baya, las reducciones de rendimiento no fueron siempre significativas. El RDC post-envero conllevó un mayor estrés hídrico de las cepas debido a su mayor desarrollo de área foliar. El vino elaborado con uva del RDC pre-envero fue considerado mejor que el del RDC post-envero. También en Sauvignon blanc, Greven et al. (2005) observaron que la aplicación de estrategias de RDC durante dos años en Marlborough (New Zealand) implicaba una reducción del área foliar pero no de ninguno de los componentes del rendimiento, resultando en ahorros del 40% del agua aplicada sin causar diferencias de rendimiento o de composición de la uva. En la variedad Chardonnay cultivada en Chile, Ferreyra et al. (2003) observaron que la escasez de agua disminuía significativamente el crecimiento vegetativo y el rendimiento debido al menor tamaño de baya. También indicaron que la acidez total, el contenido en fenoles o la calidad del vino no aumentaron con el estrés hídrico, mostrando un comportamiento diferente a lo generalmente observado en variedades de uva tinta. En la variedad objeto de este trabajo, en el sur de Portugal, se estudiaron los efectos del RDC y del secado parcial de la zona radicular (De Souza et al., 2003; Dos Santos et al., 2003; 2007) concluyendo que, bajo ambas técnicas de riego, el riego al 50% de la ET_c resultó suficiente para alcanzar todo su potencial productivo.

El objetivo de nuestro trabajo fue profundizar en el conocimiento sobre los efectos de estrategias de RDC aplicadas en diferentes periodos fenológicos sobre el estado hídrico de la planta, los procesos de maduración y composición de la uva de Moscatel de Alejandría, a fin de optimizar el uso del agua de riego y la calidad del mosto para vinificación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación del viñedo y diseño experimental

El ensayo se realizó durante las campañas de 2012 y 2013 en un viñedo comercial (*Vitis vinifera* L. cv. Moscatel de Alejandría) ubicado en el término municipal de Villamarchante (39°33' N, 0°42' O, a 197 m.s.n.m.), Valencia. Se plantó en 1996 sobre el portainjerto 161-49C al marco de 2.75 x 1.8 m (2000 cepas·ha⁻¹). Las cepas se podaron en invierno dejando aproximadamente 20 yemas por planta en sistema de conducción "Doble Cordón Royat" formando una espaldera vertical orientada 23° NO. El manejo del dosel vegetal fue el habitual en la zona y fue realizado por el propietario del viñedo. La altura y anchura final de la espaldera fue de 1.1 y 0.4 m, respectivamente. El suelo de la parcela es de textura franco-arcillosa, calcáreo y de fertilidad media. Tiene una profundidad media de 1.5 a 2 m y elevada capacidad de retención de agua (200 mm·m⁻¹).

La brotación de Moscatel de Alejandría en la zona de estudio habitualmente tiene lugar a mitad de abril, la floración a principios de junio y el envero a principios de agosto;

la vendimia se realiza durante septiembre y la caída de hojas ocurre en diciembre. El clima es mediterráneo semiárido con precipitación anual media de 407 mm, de los cuales solo el 45% acontece durante el periodo vegetativo. Los parámetros meteorológicos se obtuvieron en una estación climatológica automática ubicada a 1.4 km del ensayo, a excepción de la pluviometría que se registró automáticamente en la misma parcela experimental. El cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_0) se realizó con datos horarios empleando la fórmula de Penman-Monteith (Allen et al., 1998).

Tratamientos de riego

A principios de 2012 el sistema de riego por goteo empleado desde 2005 se modificó a fin de poder aplicar cuatro tratamientos diferentes de riego. Los tratamientos estudiados fueron: Testigo, regado al 100% de la ET_c durante toda la campaña (0,4-0,5 ET_0); Riego Deficitario Sostenido (RDS), que se regó al 50% del Testigo durante toda la campaña; y dos tratamientos de Riego Deficitario Controlado (RDC), Déficit Pre-envero (DPre), durante la primavera; y Déficit Post-envero (DPost), durante el verano. El riego del Testigo se inició cuando el potencial hídrico de tallo a medio día solar (Ψ_{tallo}) alcanzó -0,65 MPa. El inicio para el DPre cuando Ψ_{tallo} llegó a -1,0 MPa, a partir de entonces se regó como el Testigo hasta el final de temporada. El tratamiento DPost se regó como el Testigo hasta el envero, momento en el que pasó a regarse al 25% de aquel.

El agua de riego era de calidad adecuada (CE_{25° 1,07 $dS \cdot m^{-1}$, pH 7,12 y $[Cl^-]$ 2,6 $meq \cdot L^{-1}$). Los emisores de riego eran compensantes de 4 $L \cdot h^{-1}$ espaciados 1 m a lo largo de una única tubería por fila de plantas. El cálculo de las necesidades de riego se ajustaba semanalmente a partir de la ET_0 y la precipitación de la semana anterior. El riego aplicado fue medido mediante contadores volumétricos para cada repetición. Se fertirrigaron todos los tratamientos con la misma dosis (111-73-214-24 $kg \cdot ha^{-1}$ de N, P_2O_5 , K_2O y MgO , respectivamente). El diseño experimental fue de bloques completos al azar con 4 repeticiones (24-47 cepas de medida rodeadas de cepas guarda en todo el perímetro) por tratamiento.

Determinación del estado hídrico de las plantas

El estado hídrico de las plantas se determinó mediante el Ψ_{tallo} . Se realizó semanalmente desde mayo a octubre mediante una cámara de presión tipo Scholander en hojas embolsadas de 4 cepas por repetición entre las 11:30 y 12:30 hora solar. Las hojas seleccionadas eran adultas, de la cara oeste y se embolsaron en bolsas plásticas de cierre hermético recubiertas de papel de aluminio por lo menos 1 hora antes de ser cortadas.

Determinación del rendimiento y del crecimiento vegetativo

La producción, número de racimos por cepa y el peso medio del racimo fue determinado en vendimia (20-22° Brix aprox.) en cada cepa experimental. El peso fresco y el peso seco de baya se determinaron periódicamente en muestras de 250 bayas por repetición, tomadas al azar (2-3 bayas de cada cepa experimental) desde mediados de junio hasta cosecha. El Área Foliar (AF) por cepa se determinó tras el envero, cuando los pámpanos cesaron su crecimiento, en 8 cepas seleccionadas por repetición. El AF se estimó por relaciones alométricas entre el área foliar por pámpano (Y , cm^2) y la longitud del pámpano (X , cm), diferenciando entre principales y secundarios. Estas relaciones se obtuvieron de muestras de 20 pámpanos de diferentes longitudes. Asimismo, en esas 8 cepas por repetición se determinó el peso de poda y se calcularon los ratios entre el área foliar y la producción (AF/Prod.) y entre la producción y el peso de poda (Prod./Poda o

Índice de Ravaz). La Eficiencia en el Uso del Agua (EUA) se estimó como el ratio entre la producción y la lluvia más el riego aplicado a cada repetición.

Composición de la uva

Los componentes del mosto se determinaron en sub-muestras de 250 g de las mismas muestras tomadas para peso de baya. Las bayas se trituraron con una mezcladora “Thermomix” y se prensaron a mano sobre un colador metálico. Los Sólidos Solubles Totales (°Brix) se determinaron mediante refractometría. El pH del mosto y la acidez titulable (AT, por titulación con NaOH, expresado en equivalentes de ácido tartárico) se determinaron en un multi-titulador automático. La concentración de ácidos Málico y Tartárico se determinó por métodos colorimétricos usando un analizador secuencial automático “Systea Easychem Plus”. Todas las determinaciones analíticas en mostos se realizaron por duplicado.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el análisis de varianza utilizando el paquete estadístico SAS (versión 9.0; SAS Institute, Cary, NC).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Climatología y relaciones hídricas

Los resultados corresponden a dos campañas de climatología muy dispar. La precipitación en la de 2012 (del 1 de octubre al 30 de septiembre) fue de 280,6 mm, mientras que en la de 2013 de 369,1 mm. Durante el periodo de crecimiento activo (de abril a septiembre), fue de 168 mm frente a los 281,5 mm en la de 2013. La ET_0 del periodo de crecimiento fue de 933,4 mm y 829,5 mm respectivamente.

Los volúmenes de riego aplicado acumulados durante cada campaña se muestran en la Tabla 1. Dichos volúmenes representaron ahorros medios respecto al Testigo del 46, 39 y 25% para el RDS, DPre y Dpost respectivamente.

La evolución temporal del Ψ_{tallo} (Figura 1) muestra que el estado hídrico de las cepas respondió claramente a los diferentes tratamientos de riego impuestos en ambas campañas. El Testigo presentó un mejor estado hídrico durante ambas campañas que el resto de tratamientos, alcanzando un valor mínimo de -0,98 MPa (día del año, DA, 234) en 2012 y de -0,78 MPa (DA 189) en 2013. El RDS, en general, mantuvo valores intermedios entre el Testigo y el más estresado (DPre o DPost). Cabe destacar la rápida rehidratación de las cepas cuando finalizan las restricciones de riego en los distintos tratamientos.

Desarrollo vegetativo y rendimiento

Dado que el criterio de poda fue el mismo para todos los tratamientos, no hubieron diferencias significativas ($P < 0,05$) en el número de pámpanos por cepa (Tabla 1). No obstante, el área foliar (AF) por cepa sí fue significativamente mayor en el Testigo en ambos años, e inferior en el DPre que en los otros tratamientos solo en 2012. Este diferente comportamiento entre años posiblemente se debió a que el estado hídrico durante el periodo pre-envero fue mejor en 2013 que en 2012, dada la elevada pluviometría primaveral. Estas diferencias de AF se debieron principalmente al crecimiento de los brotes secundarios, y por tanto resultaron en doseles más compactos

para los tratamientos Testigo y DPost. Estos resultados concuerdan con lo observado en Sauvignon blanc (Wample y Smithyman, 2002), donde el RDC pre-envero permitió controlar el desarrollo vegetativo que en el completamente regado resultaba excesivo.

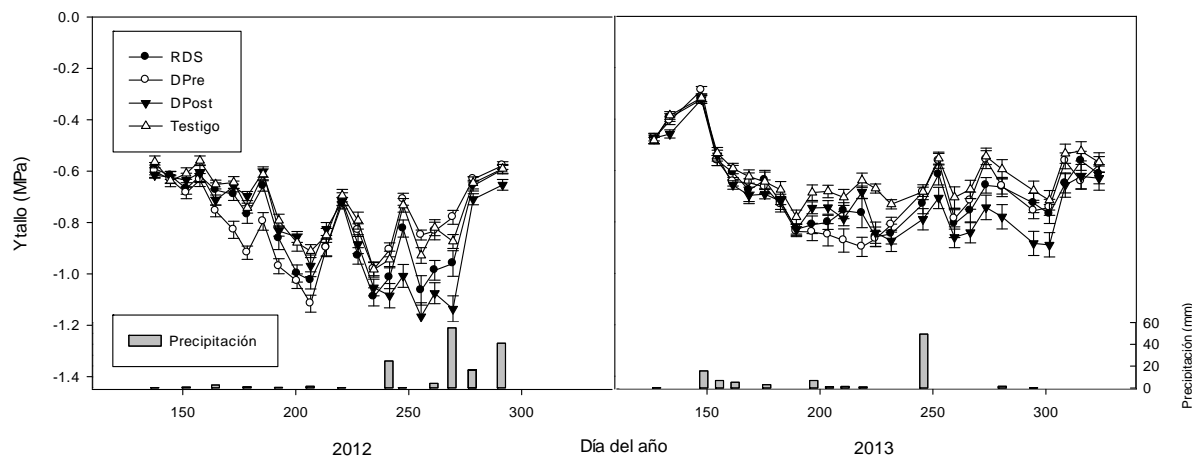


Figura 1. Potencial hídrico de tallo y precipitación de ambas campañas.

Los tratamientos de riego tuvieron un pequeño efecto sobre el número de racimos por cepa en 2012, que fue algo menor en el DPre respecto al Testigo y al RDS. Este efecto es atribuible a la variabilidad espacial de la parcela, dado que no hubo racimos abortados y que este parámetro viene determinado durante la diferenciación de las yemas en la campaña anterior. Sin embargo, en 2013 hubo una reducción significativa de la fertilidad tanto en el DPre como en el RDS, lo que sugiere que el número de racimos es muy sensible al déficit hídrico pre-envero. Asimismo, el DPre redujo el tamaño de baya durante la campaña de 2012; ello indica que el nivel de estrés hídrico impuesto durante el periodo de floración y cuajado de esa campaña afectó la expansión celular. Por el contrario, el número de bayas por racimo no fue afectado por ninguno de los tratamientos de riego. No obstante, el peso medio de racimo sí se redujo significativamente en 2012 en el DPre y en todos los tratamientos deficitarios en 2013 respecto del Testigo, lo que conllevó reducciones del 29% y del 20% en la vendimia de 2012 y 2013 respectivamente para el DPre, y del 13% para RDS y DPost en 2013. Como consecuencia de la elevada producción ($9,8-13,7 \text{ kg}\cdot\text{cepa}^{-1}$ en 2012 y $15,6-19,4$ en 2013) y el relativamente bajo desarrollo vegetativo, se obtuvieron valores bajos del ratio área foliar respecto a la producción ($0,67-0,47 \text{ m}^2\cdot\text{kg}^{-1}$ en 2012 y $0,43-0,45$ en 2013), indicando un desequilibrio (Bravdo et al., 1985) como también muestra el índice Ravaz.

Composición de la uva

Los diferentes tratamientos de riego también provocaron diferencias, aunque pequeñas, en la composición química de la uva (Tabla 2). En términos de sólidos solubles totales, únicamente se encontraron diferencias significativas durante 2012 en el DPre en comparación al RDS, pues este último debido al mayor estrés hídrico disminuyó la acumulación de azúcares, unido a que el DPre tuvo mayor concentración a causa de la reducción del tamaño de la baya (Tabla 1). No obstante, ninguno de los tratamientos difirió del Testigo. También se observó una mayor concentración de ácido tartárico en el DPost, que resultó significativa respecto del RDS en ambas campañas y superior que el

Testigo en 2013. A su vez, se observa una ligera tendencia a mayor acidez titulable a medida que los volúmenes de riego aumentan, aunque las diferencias entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas (Tabla 2).

Tabla 1. Riego aplicado, producción y sus componentes, peso de poda, índice de Ravaz, Área Foliar (AF), ratio Área Foliar-producción (AF/prod.), Eficiencia en el Uso del Agua (EUA) en Moscatel de Alejandría bajo diferentes tratamientos de riego.

Parámetro *	2012				2013			
	Testigo	RDS	DPre	DPost	Testigo	RDS	DPre	DPost
Riego aplicado, mm	281	156	179	218	231	119	131	159
Nº pámpanos·cepa ⁻¹	19,9	20,0	19,4	19,3	19,8	19,1	18,2	19,0
Producción, t·ha ⁻¹	27,7 ^a	27,3a	19,8b	25,3a	39,2a	31,9b	31,5b	32,7b
Nº racimos·cepa ⁻¹	31,4 ^a	31,7a	28,6b	29,7ab	35,1a	31,8b	29,7c	33,4a
Peso racimo, g	425 ^a	405a	321b	411a	558a	482c	520b	480c
Nº bayas·racimo ⁻¹	94	89	87	84	123	124	118	118
Peso baya, g	5,6 ^a	5,3ab	4,8b	5,4a	4,7	4,4	4,3	4,4
Peso de poda, kg·cepa ⁻¹	1,08 ^a	0,77b	0,63b	0,74b	0,99a	0,76b	0,73b	0,69b
I. Ravaz, kg·kg ⁻¹	13,7b	18,7a	18,5a	17,9ab	21,8	22,7	22,2	23,9
AF m ² ·cepa ⁻¹	7,7a	5,7b	4,6c	5,7b	8,4a	7,1b	6,6b	6,5b
AF/Prod., m ² ·kg ⁻¹	0,67a	0,47b	0,48b	0,53b	0,43	0,44	0,45	0,45
EUA, kg·m ⁻³	8,8b	11,3a	7,6b	9,4b	9,6	10,7	10,3	9,5

* Para cada año y parámetro, letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos a $P < 0,05$.

Tabla 2. Parámetros de composición del mosto en vendimia de Moscatel de Alejandría bajo diferentes tratamientos de riego.

Parámetro *	2012				2013			
	Testigo	RDS	DPre	DPost	Testigo	RDS	DPre	DPost
S.S.T (°Brix)	21,7ab	21,3b	22,4a	21,9ab	20,0	20,8	20,8	20,6
pH	3,86ab	3,79b	3,82ab	3,87a	3,55	3,60	3,58	3,60
A.T. (g·L ⁻¹ THO)	3,66	3,04	3,02	3,21	4,90	4,85	4,73	4,80
Ac. Mál (g·L ⁻¹)	2,48	2,17	2,28	2,50	2,90	2,68	2,60	2,78
Ac. Tart (g·L ⁻¹)	5,84ab	5,63b	5,89ab	5,95a	4,65b	4,65b	4,88ab	4,93a
Ratio Tart./Mál.	2,4	2,6	2,7	2,4	1,6	1,8	1,9	1,8

* Para cada año y parámetro, letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos a $P < 0,05$.

CONCLUSIONES

La respuesta a cada tratamiento de riego varió según el año. En 2012 solo el DPre redujo la producción mientras que en 2013 lo hicieron todos los deficitarios (efecto residual de los tratamientos del año anterior sobre la fertilidad). No obstante, las diferencias en la composición química de la uva resultaron mínimas, únicamente en el año 2012 el tratamiento RDS tuvo valores menores de S.S.T., y el DPost tuvo mayor concentración de ácido Tartárico en ambas campañas. El área foliar fue significativamente mayor en el Testigo que en los demás, debido principalmente al mayor desarrollo de los brotes laterales.

El riego al 50% de la ET_c fue suficiente para mantener el 87% del potencial productivo de Moscatel de Alejandría, resultando en una mayor eficiencia en el uso del agua, en ambos años. Los resultados concuerdan con lo observado por De Sounza et al. (2003) y Dos Santos et al. (2003; 2007) en esta misma variedad en Portugal.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido posible gracias a la financiación del INIA-FEDER Proyecto RTA2011-00100-C05 y a la colaboración de la Cooperativa Cheste Vinícola.

Referencias

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage paper No 56. Rome, Italy.
- Bravdo, B., Hepner, Y., Loinger, C., Cohen, S., Tabacman, H. (1985). Effect of irrigation and crop level on growth, yield and wine quality of Cabernet Sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.*, 36, 132–139.
- De Souza, C.R., Maroco, J.P., dos Santos, T.P., Rodrigues, M.L., Lopes, C.M., Pereira, J.S., Chaves, M.M. (2003). Partial rootzone drying: regulation of stomatal aperture and carbon assimilation in field-grown grapevines (*Vitis vinifera* cv. Moscatel). *Func. Plant Biol.*, 30, 653-662.
- Dos Santos, T.P., Lopes, C.M., Rodríguez, M.L., de Souza, C.R., Maroco, J.P., Pereira, J.S., Silva, J.R., Chaves, M.M. (2003). Partial rootzone drying: effect on growth and fruit quality of field-grown grapevines (*Vitis vinifera*). *Func. Plant Biol.*, 30, 663-671.
- Dos Santos, T.P., Lopes, C.M., Rodríguez, M.L., de Souza, C.R., Silva, J.R., Maroco, J.P., Pereira, J.S., Chaves, M.M. (2007). Effects of deficit irrigation strategies on cluster microclimate for improving fruit composition of Moscatel field-grown grapevines. *Sci. Hortic.*, 112, 321-330.
- Ferreira, R., Sellés, G., Ruiz, R., Sellés, I. (2003). Effects of water stress applied at different development periods of grapevine cv. Chardonnay on production and wine quality. *Agric. Técnica (Chile)* 63(3), 277-286. In Spanish.
- Greven, M., Green, S., Neal, S., Clothier, B., Neal, M., Dryden, G., Robinson, P. (2005). Regulated Deficit Irrigation (RDI) to save water and improve Sauvignon Blanc quality? *Water Sci. Tech.* 51(1), 9-17.
- Jackson, D.I., Lombard, P.B. (1993). Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality- A review. *Am. J. Enol. Vitic.*, 44 (4), 409-430.
- Matthews, M.A., Anderson, M.M. (1988). Fruit ripening in *Vitis vinifera* L.: Responses to seasonal water deficits. *Am. J. Enol. Vitic.* 39, 313-320.
- McCarthy, M.G. 1997. The effect of transient water deficit on berry development of cv. Shiraz (*Vitis vinifera* L.). *Aust. J. Grape Wine Res.* 3, 102–108.
- Wample, R.L., Smithyman, R. (2002). Regulated deficit irrigation as a water management strategy in *Vitis vinifera* production. Deficit irrigation practices. FAO Corporate Document Repository, pp. 89-100.
- Williams, L.E., Matthews, M.A. (1990). Grapevine. In *Irrigation of agricultural crops*, Agronomy Monograph no. 30. B.A. Stewart and D.R. Nielsen (eds) pp. 1019-1055. ASA-CSSA-SSSA Madison, WI, USA.