

RESPUESTAS FISIOLÓGICAS Y AGRONÓMICAS DE LA VARIEDAD TEMPRANILLO A LA TENSIÓN DEL CALOR Y DE LA SEQUÍA - PERSPECTIVAS EN SU VULNERABILIDAD BAJO PANORAMAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Lopes, C.M; Rodrigues, M. L.; Santos, T.; Chaves, M.M.

Technical University of Lisbon.
Instituto Superior de Agronomia,
Tapada da Ajuda, P-1349-017 Lisboa Codex

RESUMEN

Con el objetivo de caracterizar la habilidad de las vides de tempranillo, una de las variedades más usadas en España y Portugal, de resistir el estrés producido por las sequías y el calor, se presenta información ecofisiológica y agronómica obtenida de los experimentos de irrigación llevados a cabo en la cálida y seca región de Alentejo, en el sur de Portugal.

Se muestra el impacto de los diferentes tratamientos de irrigación en los parámetros fisiológicos (el potencial de agua de la hoja, fotosíntesis y la conducción estomatal) y la eficiencia en el uso del agua. La senectud de las hojas que se observó en las plantas no regadas o con déficit en el riego y las consecuencias en la exposición del racimo y la temperatura de las uvas se comparan con las de plantas con riego adecuado. Se discuten las consecuencias en la maduración de las uvas y la composición del jugo para evaluar la vulnerabilidad del tempranillo al esperado cambio climático global.

Palabras clave: vid, estrés causado por el agua, crecimiento vegetativo, composición de la uva, cambio climático.

ABSTRACT

With the aim to characterize the ability of Tempranillo grapevines, one of the most widely used varieties in Spain and Portugal, to withstand drought and heat stress, ecophysiological and agronomical data from irrigation experiments conducted in the hot and dry region of Alentejo, south of Portugal, are presented.

The impact of different irrigation treatments on physiological parameters (leaf water potential, photosynthesis, and stomatal conductance) and water use efficiency are showed. Leaf senescence observed in non-irrigated and deficit irrigated plants and its consequences on cluster exposure and berry temperature are compared with those of fully irrigated plants. The consequences on berry ripening and juice composition are discussed in order to evaluate the vulnerability of Tempranillo to the expected global climatic change.

Keywords: grapevine, water stress, vegetative growth, berry composition, climate change.



INTRODUCCIÓN

En la actualidad las estrategias de déficit en la irrigación aplicadas a la vid son prácticas comunes utilizadas para manejar el crecimiento de la vid, mejorar la calidad de la fruta y la eficacia en el uso del agua (McCarthy, 2000; Santos *et al.*, 2003). Sin embargo, al ser expuestas a estrés severo causado por el calor, como se observó recientemente en las regiones Mediterráneas Europeas como España y Portugal, las vides moderadamente estresadas son vulnerables a que se quemen sus hojas. Esto ocurre debido a la restricción en la conducción estomatal que lleva a una disminución en la habilidad para disipar energía.

En algunas ocasiones la porción de hojas quemadas puede ser muy alta y, dependiendo de la variedad y etapa de maduración, puede tener efectos muy fuertes en la maduración de la uva y también en la longevidad de la vid. El resultante aumento de la exposición del racimo al sol puede hacer que se quemen las uvas y/o generar maduración anormal, lo que genera un menor rendimiento, jugo con alta acidez titulable baja y una pérdida de los compuestos aromáticos. En regiones cálidas, las altas temperaturas a las que pueden llegar las uvas totalmente expuestas también pueden afectar la concentración de antocianina ya sea por degradación, inhibición de la síntesis o, más posiblemente, de ambas (Kliwer and Torres, 1972; Haselgrove *et al.*, 2000; Spayd *et al.*, 2002).

La incidencia de la sequía ha aumentado en los últimos años y las predicciones de los modelos de simulación de cambio global sugieren un aumento en la posibilidad de sequías prolongadas en verano, además de un sustancial aumento en la temperatura en el futuro (Jones *et al.*, 2005). Por lo tanto, información acerca de la capacidad de las variedades de resistir el estrés causado por el agua y el calor es necesaria para predecir su comportamiento en un futuro cercano. Tempranillo, una de las variedades de vino tinto más usadas en España y Portugal, es bastante sensible al estrés causado por el agua y el calor, siendo una de las primeras variedades en mostrar síntomas de dichos agentes de estrés abióticos.

Utilizando información ecofisiológica y agronómica obtenida de los experimentos de irrigación llevados a cabo en la cálida y seca región de Alentejo, en el sur de Portugal, este trabajo discute la capacidad del Tempranillo de resistir el estrés causado por el agua y el calor.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento de campo se llevó a cabo en 1999 en un viñedo comercial ubicado en Évora, al sur de Portugal. Las vides de 14 años de la variedad de vino tinto "Aragonez" sinónimo de "Tempranillo", injertado en rizoma 1103P, se espaciaron a 2,5m entre medio y a 1,1 m a lo largo de las hileras norte-sur y se entrenaron con un enrejado vertical. El suelo es un Antrosol con un perfil ApCR derivado del granito con 25 % de arena y gran porcentaje de elementos en bruto.

El experimento se realizó con un diseño de bloque aleatorio con cuatro replicas por tratamiento. Cuatro intensidades de riego por goteo, establecidas de acuerdo a la evapotranspiración (ETc) del cultivo: (Div¹ - 50% ETc retenido luego de la veraison, DIh - 50% ETc suministrado hasta la cosecha, Flv² - 100% ETc retenido luego de la veraison y FIh - 100% ETc suministrado hasta la cosecha), se testearon



contra un control no irrigado (NI). El riego comenzó a finales de mayo (10 días después de la floración total) cuando el agua para suelo disponible era de alrededor del 60 %, y finalizó a fines de julio (veraison total) para los tratamientos Dlv y Flv, y una semana antes de la cosecha (fines de agosto) para los tratamientos DIh y FIh. En los tratamientos de irrigación con déficit se aplicó un total de 144 y 216 mm una vez por semana para Dlv y DIh respectivamente. En los tratamientos de irrigación total se aplicó un total de 270 y 431 mm dos veces por semana para los Flv y FIh respectivamente.

Se midió el potencial de agua de la hoja antes del amanecer y al mediodía en los dos bloques centrales en 6 hojas totalmente maduras y adecuadamente expuestas para cada tratamiento, en el día antes del riego usando una cámara de presión (PMS Instrument Co, USA). Se midió la fotosíntesis con un IRGA (LI-6400, Li-Cor Inc., USA) portátil en 6 hojas totalmente maduras y adecuadamente expuestas para cada tratamiento. Se midió la luz en la zona del racimo en días soleados al mediodía con un Ceptómetro SunfleK (model SF-40, Delta T Devices Ltd, Cambridge, UK) insertado horizontalmente en la zona del racimo a lo largo de la hilera. Se expresaron los valores de posible densidad de flujo fotosintético de fotones DFFF (en inglés photosynthetic photon flux density - PPFD) en porcentaje de una referencia DFFF, medidos en la parte superior de la canopia.

Se determinó la temperatura de la uva para vides NI y PIh en días soleados y despejados usando 12 uvas para cada tratamiento localizadas en cada cara de las tres ubicaciones de racimos representativas entre la canopia, con exposición este, con exposición oeste, y con exposición interior (centro de la canopia) (Figura 1). Las medidas se tomaron en forma continua usando termocuplas de dos empalmes (tipo T [cobre-constante] en inglés type T [copper-constant]) de alambre fino (36 American Wire Gauge [AWG]) que fueron manualmente insertadas dentro de las uvas y conectadas al logger de información (Delta-T Devices Ltd, Cambridge, UK).

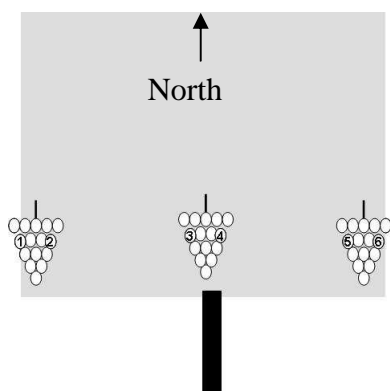


Figura 1. Diagrama esquemático de la zona de racimo que muestra la posición de las uvas donde se midió la temperatura durante el periodo de maduración (25 de agosto) de la estación de 1999 para las vides NI y FIh.

RESULTADOS

3.1- Respuesta del potencial de agua de la hoja y la fotosíntesis a la disponibilidad de agua

El potencial de agua en la hoja antes del amanecer (Ψ_{pd})³ de las vides NI mostró un patrón decreciente durante el periodo de verano alcanzando -0,6 MPa dos



semanas antes de la veraison, *aprox.* -0,9 MPa a la veraison (20 de julio) y valores menores a -1,0 MPa durante el periodo de maduración. En el tratamiento de irrigación total Ψ_{pd} presentó valores altos (-0,2 MPa) durante toda la temporada. En los tratamientos de irrigación con déficit Ψ_{pd} presentó una tendencia decreciente similar durante la veraison, Dlv mostró un decrecimiento más pronunciado luego de que se suspendió la irrigación, llegando a valores de cosecha similares a los de las plantas NI. Un decrecimiento marcado de Ψ_{pd} de las vides Flv se obtuvo también en la cosecha (Figura 2A). El potencial de agua de la hoja al mediodía (Ψ_m)⁴ también mostró un patrón decreciente durante la temporada pero las diferencias entre tratamientos no fueron tan pronunciadas como para Ψ_{pd} (Figura 2B).

La variación estacional de asimilación neta y conducción estomatal mostró un patrón similar al de Ψ_{pd} siendo los valores más altos presentados por las vides Flh y los más bajos de las plantas NI. Luego de la suspensión de la irrigación en los tratamientos Dlv y Flv tanto la fotosíntesis como la conducción estomatal mostraron un fuerte decrecimiento, alcanzando valores similares a los de las vides NI (Figura 2 C, D).

Desde junio hasta mediados de julio la eficiencia de uso de agua intrínseca (EUAi en inglés intrinsic water use efficiency - WUEi) aumentó en NI y los viñedos con irrigación con déficit mientras que Flv y Flh presentaron valores constantes y bajos. Desde la veraison hasta el final del periodo de maduración la EUAi aumentó en los tratamientos Flv pero decreció en los NI y Dlh, mientras que Dlv y Flv prácticamente no mostraron cambios (Figura 2 E).

La figura 2 F presenta la diferencia de la temperatura de la hoja al aire (ΔT_{leaf})⁵ medida al mediodía en las mismas hojas expuestas en las que se midió la fotosíntesis. Desde la floración hasta la veraison se puede observar una clara separación entre NI (mayor ΔT_{leaf}) and Fl (menor ΔT_{leaf}), con las vides con irrigación con déficit mostrando valores intermedios. Las vides Fl siempre presentaron una temperatura de hoja más cercana a la del aire e inclusive más baja. Luego de la suspensión de la irrigación en la veraison de los Dlv y Flv, dichos tratamientos aumentaron su ΔT_{leaf} alcanzando en la cosecha valores similares a los de NI.

3.2. La senectud de las hojas

En las vides NI la senectud de las hojas comenzó prematuramente (3 semanas antes de la veraison) y, en la veraison, 60 % del área principal de hojas se había perdido. En la cosecha (fines de agosto) mientras que las plantas Flh mostraron 23 % de defoliación, las vides NI presentaron 72,5%. La suspensión de la irrigación en la veraison también produjo un crecimiento rápido en la senectud de las hojas que fue más evidente en las plantas Dlv que en las Flv (Figura 3A).

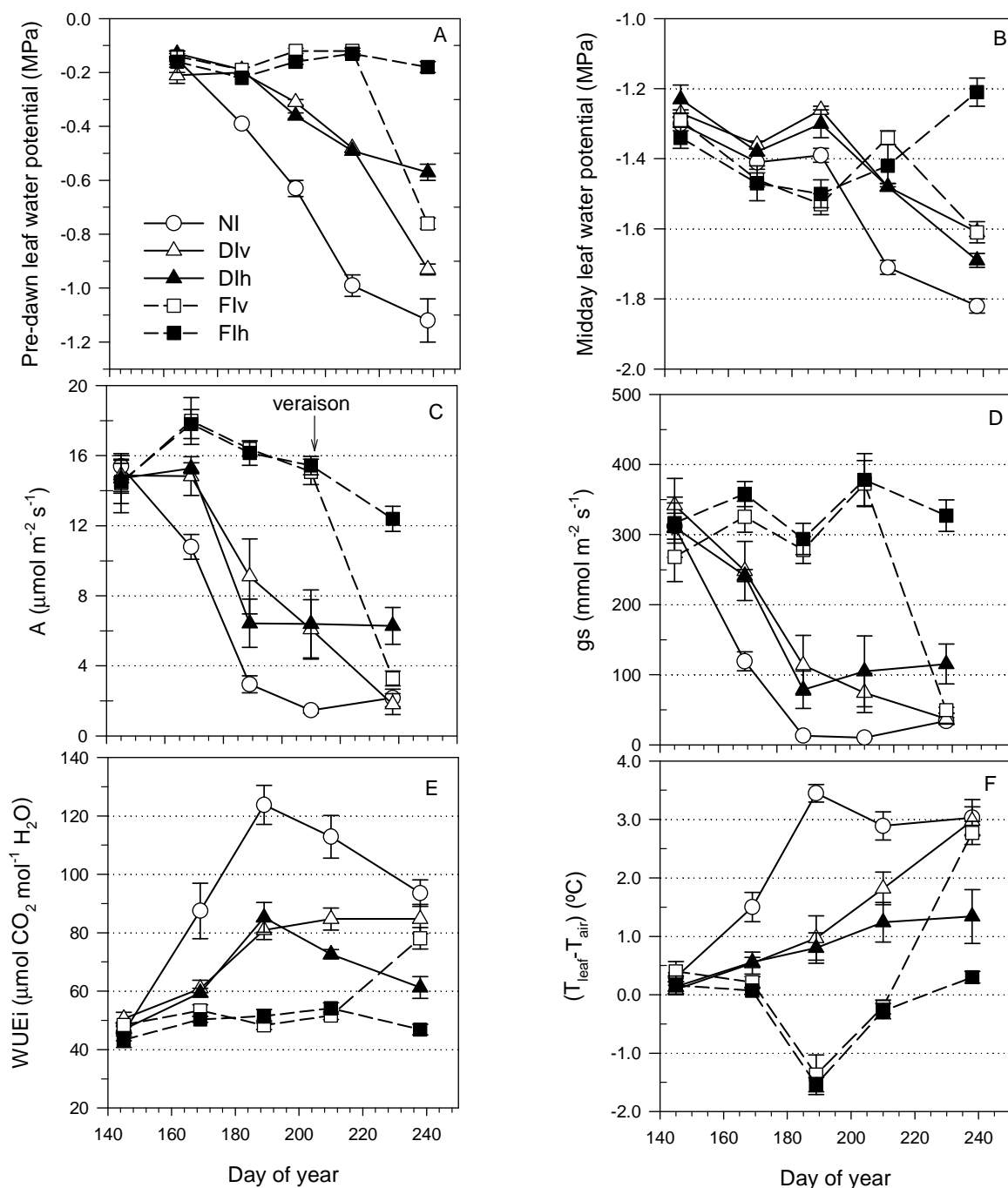


Figura 2. patrón estacional del potencial de agua de la hoja antes del amanecer (A) y al mediodía (B); fotosíntesis al mediodía (C) conducción estomatal al mediodía (D); eficiencia de uso de agua intrínseca (EUAi) (E) y diferencia de la temperatura de la hoja y la del aire al mediodía (F) de las vides de Tempranillo sometidas a diferentes suministros de agua: Div - 50% ETC retenido luego de la veraison, DIh - 50% ETC suministrado hasta la cosecha, Flv - 100% ETC retenido luego de la veraison y FIh - 100% ETC suministrado hasta la cosecha. Estándar de promedio \pm de error de 6 hojas expuestas adultas.



3.3. Microclima del racimo

El alto porcentaje de defoliación observado en las vides NI redujo el número de manto de hoja basal causando una más alta interceptación de PAR en la zona del racimo (Fig. 3B). Los tratamientos de irrigación mostraron valores similares de PAR interceptada hasta el 11 de agosto (22 días después de la veraison); después sólo Flh presentó un pequeño aumento mientras que los otros tratamientos de irrigación mostraron un fuerte aumento.

Las diferencias en la intensidad de la canopia causaron importantes cambios en la exposición del racimo, las diferencias más importantes fueron las observadas entre las vides NI y Flh. En la mitad del periodo de maduración, utilizando el método de punto cuadrático (en inglés point quadratic method) (Smart and Robinson, 1991) medimos 77% de racimos expuestos en las vides NI mientras que las Flh mostraron sólo 13%. Para evaluar el impacto de la exposición de los racimos en la temperatura de la uvas insertamos termocuplas dentro de un muestreo de 12 uvas localizadas en 6 posiciones diferentes en los dos tratamientos de control (NI y Flh) al final del periodo de maduración (ver diagrama de Figura 1). La información obtenida muestra una variabilidad muy alta relacionada con las 6 ubicaciones diferentes de las uvas utilizadas como muestreo. Las diferencias positivas más altas entre la temperatura de la uva y el aire se obtuvieron en las uvas expuestas al sol de los racimos del exterior (las posiciones de las uvas en 1 y 6 en la figura 1) a media mañana (lado este de la canopia) y a media tarde (oeste) de ambos tratamientos que mostraron patrones similares (no se muestra esta información) Sin embargo, cuando se compararon los racimos interiores y las caras interiores de los racimos exteriores (posiciones de la uva 2 y 5 en la figura 1) detectamos una más alta temperatura de uva frente al aire durante la mayor parte del día en las uvas NI comparadas con las de mas FI (figura 4)

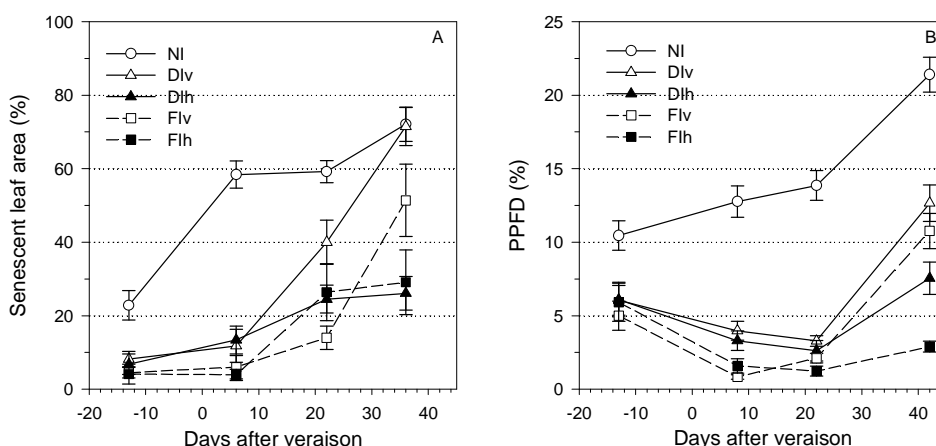


Figura 3. Patrón estacional del área de senectud de la hoja (A) y densidad de flujo fotosintético de fotones en la zona del racimo expresada como % del la referencia en la zona superior de la canopia (B). Los valores mostrados representan el estándar de promedio \pm de error de 16 brotes (A) o 40 mediciones (B).

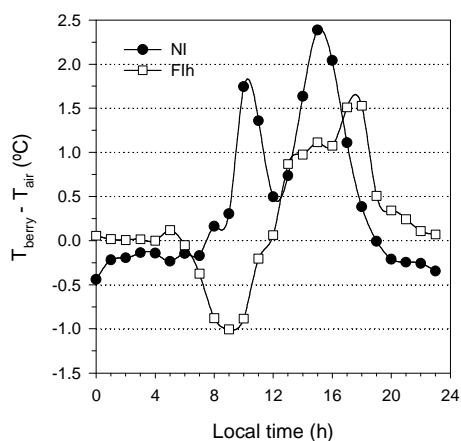


Figura 4. Las diferencias de temperatura entre las uvas y el aire medidas en uvas no expuestas. Los valores mostrados representan la media de 4 posiciones de uvas representativas (posiciones 2 a 5 en Figura 1) medidas en dos vides representativas por cada tratamiento.



3.4 -Rendimiento y Composición de la Uva

En las vides NI el severo estrés causado por el agua generó demoras en la veraison completa de dos semanas en comparación con las vides irrigadas. Debido al peso significativamente menor de la uva y el racimo, las vides NI presentaron un rendimiento mucho menor que las irrigadas, mientras que las DIv generaron valores intermedios. Las vides NI mostraron una acidez titulable significativamente más baja y un más alto contenido de antocianina que las vides irrigadas, que presentaron valores similares (tabla 1)

	NI	DIv	DIh	Flv	FIh
Componente de rendimiento					
Peso de la uva (g/100 uvas)	112,3 c	163,4 b	178,1 ab	185,5 ab	200,5 a
Número de racimos/vides	17,0 a	18,9 a	19,8 a	18,4 a	17,9 a
Peso del racimo(g/racimo)	148,6 c	220,2 b	257,6 a	260,6 a	263,3 a
rendimiento (kg/vid)	2,6 c	4,1 b	5,1 a	4,8 ab	4,9 ab
Composición de la fruta					
Total de sólidos solubles (°Brix)	21,6 a	21,9 a	22,8 a	21,8 a	22,9 a
Acidez titulable(g ácido tartárico/L)	4,1 b	4,4 ab	4,4 ab	5,4 a	5,3 a
Antocianina de la piel (mg/uva)	1,3 a	0,9 b	1,0 b	0,9 b	0,9 b

Tabla 1. Rendimientos y composición de la uva para las vides de Tempranillo sometidas a diferentes suministros de agua: DIv - 50% ETc retenido luego de la veraison, DIh - 50% ETc suministrado hasta la cosecha, Flv - 100% ETc retenido luego de la veraison y FIh - 100% ETc suministrado hasta la cosecha. En cada fila, los diferentes sufijos en letras muestran las diferencias estadísticamente significativas en $P < 0,05$ medidos con el test LSD. ⁶

DISCUSIÓN

La muy calurosa y seca estación generó un fuerte y prematuro decrecimiento del agua de suelo disponible, como indica el bajo potencial de agua de la hoja antes del amanecer, lo que generó un estrés por agua muy severo en las vides no irrigadas. En consecuencia, las vides NI mostraron senectud de la hoja prematura y muy bajos índices de fotosíntesis en las hojas restantes, lo que redujo el crecimiento de la uva y aumentó la luz interceptada por el racimo.

Durante el periodo de maduración, en las plantas no irrigadas o con irrigación con déficit, la reducción de la conducción estomatal, aunque previno pérdidas por transpiración, llevó a un aumento de la temperatura de la hoja que llegó a valores medidos al mediodía cercanos a 3°C más que la temperatura del aire. Esta alta temperatura de las hojas expuso a las hojas a quemarse y puede ser un problema en condiciones de olas de calor, que se han vuelto muy comunes en las regiones del Mediterráneo como Alentejo.

La senectud basal de la hoja generó importantes cambios en la densidad de la canopia. La canopia más abierta de las plantas IN aumentó la penetración de la luz en la zona de racimo, lo que puede a ser, en la mayoría de las regiones productoras de vino templadas, beneficioso para la acumulación de fenoles y antocianina ya que este proceso depende mucho de la luz (Haselgrove *et al.*, 2000). Sin embargo, como el grado de exposición del racimo tiene influencia sobre la temperatura de la uva, el aumento concomitante de la temperatura de la uva también puede afectar la síntesis de antocianina o llevar a su degradación (Kliwer and Torres, 1972; Bergqvist *et al.*, 2001, Spayd *et al.*, 2002). Las vides



deshojadas como las NI están mucho más expuestas a que se quemen las uvas debido a la exposición solar y /o a los efectos negativos de la temperatura alta de la uva en su maduración. Sin embargo, como las uvas tienen distintas ubicaciones dentro de la canopia y, por lo tanto, diferentes exposiciones, no es fácil comprender los efectos integrados en la composición de la uva. De hecho, en la cosecha, a pesar de la más alta proporción de racimos expuestos de las vides NI comparada con la de las FI, las primeras mostraron una concentración de antocianina significativamente más alta por uva que las de las plantas irrigadas. Dichos resultados indican que la temperatura alcanzada no es supra óptima para la formación de la coloración de la uva.

En este terroir la baja acidez titulable obtenida en las uvas NI se debe tener en cuenta al definir la severidad y/o periodo de estrés causado por el agua en las estrategias de irrigación con déficit. De hecho, como la acidez del mosto disminuye con el estrés causado por el agua y el calor (Williams & Matthews, 1990; Esteban *et al.*, 1999) el objetivo principal de la irrigación debería ser mantener buenos niveles de acidez del jugo que se sabe que esta variedad no posee.

Nuestros resultados muestran que esta variedad tiene una sensibilidad de la hoja al calor y la sequía más alta pero parece mostrar un metabolismo del color de la uva más resistente a altas temperaturas. Se necesita investigar más para entender mejor los efectos de la sequía, la luz y la temperatura en condiciones de campo en otras variedades.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el proyecto PAMAF I&ED 2007. Los autores les agradecen a los alumnos Vicente-Paulo, Filipa Neto y Francisco Figueiredo por su contribución en la recolección de datos.

REFERENCIAS

- Bergqvist J, Dokoozlian N, Ebisuda, N (2001). Exposición a la luz solar y efectos de la temperatura en el crecimiento y composición de la uva de Cabernet Sauvignon y Grenache en el Valle Central San Joaquin , California (en inglés Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the Central San Joaquin Valley of California). *American Journal of Enology and Viticulture* 52(1), 1-7.
- McCARTHY, M.G., (2000). Irrigación con déficit regulada y secado parcial de la zona de raíces como técnica de manejo de la irrigación para vides (en inglés Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying as irrigation management techniques for grapevines). In: *Deficit Irrigation Practices*, FAO, Roma: 79-97.
- Esteban, MA, Villanueva MJ, Lissarrague, JR, (1999). Efectos de la irrigación en los cambios de la composición de la uva de Tempranillo durante la maduración. Azúcares, ácidos orgánicos y elementos minerales (en inglés Effect of irrigation on changes in berry composition of Tempranillo during maturation. Sugars, organic acids and mineral elements). *American Journal of Enology and Viticulture* 50: 418-434.
- Haselgrove L, Botting D, van Heeswijck, HPB, Dry, PR, Ford C, Iland PG (2000). Microclima de la canopia y la composición de la uva: los efectos de la exposición del racimo en la composición fenólica de *Vitis vinifera* L. cv. de la uva de Shiraz (en inglés Canopy microclimate and berry composition: the effect of bunch exposure on the phenolic composition of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz grape berries). *Aust. J. Grape Wine Res.* 6: 141-149.
- Jones GV, White MA, Cooper OR, Storchmann K (2005). Cambio climático y la calidad global de la uva (en inglés Climate change and global wine quality). *Climatic Change* 73: 319-343.
- Kliwer WM and Torres RE (1972). Efectos de las temperaturas de día y de noche en la coloración de la uva (en inglés Effect of controlled day and night temperatures on grape coloration). *Am. J. Enol. Vitic.* 23: 71-77.



Santos, TP, Lopes CM, Rodrigues, ML, Souza CR, Maroco JP, Pereira JS, Silva JR, Chaves, MM, (2003). Secado Parcial de la zona de raíces: efectos en el crecimiento y calidad de la fruta cultivada en el campo *Vitis vinifera* L (en inglés Partial rootzone drying: effects on growth and fruit quality of field-grown grapevines (*Vitis vinifera* L.). *Funct. Plant Biol.* **30**: 663-671.

Smart, R.E., Robinson, M., 1991. La luz Solar y el Vino. Un manual para el manejo de la canopia de la uvas. (en inglés Sunlight into wine. A Handbook for Winegrape Canopy Management). Winetitles, Adelaide.

Spayd SE, Tarara JM, Mee DL, Ferguson JC (2002). Separación de los efectos de la luz solar y la temperatura de la *Vitis vinifera* cv. de uvas Merlot (en inglés Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries). *American Journal of Enology and Viticulture* **53**(3), 171-182.

Williams LE, Matthews MA (1990). Grapevine. In: Stewart, B.J., Nielsen, D.R. (Eds.), Irrigación de cultivos agrícolas (en inglés Irrigation of Agricultural Crops). Agronomy monographs N° 30 ASA-CSSA-SSSA: Madison, Wisconsin

Recibido: Abril 2007

Aceptado: Julio 2008

NDLR: Trabajo presentado en el Congreso sobre Clima y Viticultura (CONCLIVIT) 10 al 14 de Abril de 2007, Zaragoza – España.
Si desea contactarse con alguno de sus autores comuníquese con enologia@revistaenologia.com