

Estado hídrico y actividad fisiológica del cv. Cabernet Sauvignon en relación con la frecuencia de rehidratación mediante riego por goteo, en el valle del río Duero

Water status and physiological activity of cv. Cabernet Sauvignon in relation to the frequency of rehydration through drip irrigation, in the Duero river valley

Jesús Yuste¹, Alejandro Vicente² y Daniel Martínez-Porro¹

¹Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, Ctra. Burgos km 119, 47071 Valladolid, España

²Actualmente: actividad vitivinícola externa, España

Resumen. La aplicación de riego en el viñedo se hace necesaria a lo largo del verano en muchas zonas de España, en la medida en que la reserva hídrica en el suelo se va agotando. El nivel de estrés hídrico soportado por la vid es un factor determinante de su respuesta fisiológica y, por tanto, productiva y cualitativa. A lo largo del periodo 2015-2017, en Valladolid, se estudió la aplicación de 4 regímenes hídricos, en cv. Cabernet Sauvignon, desde el envero a la madurez, basados en la rehidratación, de 12 horas de riego, según el potencial hídrico de tallo: no riego o seco (R0), cuando $\Psi_x \approx 1,7-1,8$ MPa (R1), cuando $\Psi_x \approx 1,4-1,5$ MPa (R2), cuando $\Psi_x \approx 1,0-1,2$ MPa (R3). La hidratación inicial, efectuada en el envero excepto en R0, supuso una mejora inmediata del estado hídrico, que generó diferencias significativas de potencial frente al seco durante 3 ó 4 semanas. Los riegos de rehidratación posteriores, de R3 y R2, provocaron diferencias significativas entre ellos durante los intervalos entre riegos alternos, mientras que R1, que no se rehidrató, se aproximó gradualmente a R0. Las tasas de fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración, medidas al cabo de un mes de la hidratación inicial, mostraron en general diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de forma progresiva según el número de riegos recibidos, en orden decreciente: R3, R2, R1, R0. No obstante, las diferencias entre tratamientos a veces no resultaron estadísticamente significativas entre R3 y R2, ni entre R1 y R0, dependiendo del año de estudio.

Abstract. The application of irrigation in the vineyard becomes necessary throughout the summer in many areas of Spain, as the water reserves in the soil are depleted. The level of water stress of the vine is a determining factor of its physiological response and, therefore, productive and qualitative. Throughout the period 2015-2017, in Valladolid (Spain), the application of 4 water regimes in cv. Cabernet Sauvignon was studied from veraison to maturity, based on rehydration, of 12 hours of irrigation, according to stem water potential: no irrigation or rainfed (R0), when $\Psi_x \approx 1.7-1.8$ MPa (R1), when $\Psi_x \approx 1.4-1.5$ MPa (R2), when $\Psi_x \approx 1.0-1.2$ MPa (R3). The initial hydration, carried out during veraison except in R0, led to an immediate improvement in water status, which generated significant differences in potential compared to rainfed vines for 3 or 4 weeks. Subsequent rehydration irrigations, of R3 and R2, caused significant differences between them during the intervals between alternate irrigations, while R1, which was not rehydrated, gradually approached R0. The rates of photosynthesis, stomatal conductance and transpiration, measured one month after the initial hydration, generally showed statistically significant differences between treatments progressively according to the number of irrigations received, in decreasing order: R3, R2, R1, R0. However, the differences between treatments were sometimes not statistically significant between R3 and R2, or between R1 and R0, depending on the year of study.

1 Introducción

La implementación del riego en el viñedo se hace necesaria a lo largo del verano en muchas zonas de España, a medida que la reserva hídrica en el suelo se va agotando, ya que el balance hídrico se hace claramente deficitario y se convierte en dependiente de los aportes de agua de riego para conseguir la producción de uva deseada (1). Esta situación se agrava con el calentamiento global observado en el actual clima cambiante, el cual lleva a una alteración

en los modelos de precipitación e intensifica el balance hídrico negativo durante el ciclo vegetativo (2).

El agua está convirtiéndose en un recurso cada vez más escaso, que se destina en un 80% al riego de los cultivos agrícolas a nivel mundial, por lo que la optimización de su uso es un objetivo prioritario para la agricultura. Sin embargo, la eficiencia del uso del agua en el riego supone un reto para los viticultores, ya que deben responder a cuánto déficit hídrico deben permitir en el viñedo, en qué momento y durante cuánto tiempo (2).

El nivel de estrés hídrico soportado por la vid es un factor determinante de su respuesta fisiológica y, por tanto, productiva y cualitativa, por lo que la programación del riego es una de las claves para intervenir en la eficiencia del uso del agua en el viñedo (3). Diversos autores han estudiado los efectos del riego en el comportamiento del viñedo, tanto en variedades blancas (4) como en variedades tintas (5, 6), abarcando aspectos fisiológicos y aspectos productivos y vegetativos. Muchos de los trabajos desarrollados han evaluado diversos aspectos del riego, como dosis, época, frecuencia, etc., habiendo encontrado resultados diferentes, condicionados por diversos factores, como la variedad, el clima, el suelo, las técnicas de conducción y poda, etc.

La reducción de la cantidad de agua aplicada en el riego es un objetivo general enmarcado dentro de la eficiencia en el uso del agua, asumiendo que la escasez de agua conlleva una reducción del potencial productivo del viñedo, pero en viticultura, la optimización del uso del agua debe ser considerada en términos de compensación entre la reducción de cosecha y la ganancia de calidad que puede resultar económicamente significativa para el productor (2).

El riego debe ser aplicado con moderación tras la parada de crecimiento del pámpano principal, con el objetivo de que la disponibilidad hídrica ayude a mantener una actividad fisiológica adecuada que facilite la síntesis de azúcar y la translocación de sustancias elaboradas a las bayas sin fomentar el desarrollo vegetativo (7). La fase de maduración, a partir del envero, es una época crítica, en cuanto al estado hídrico de la cepa, para favorecer el equilibrio entre la actividad fisiológica y la síntesis y concentración de sustancias en la uva. En general, se asume que para promocionar la calidad de la uva conviene someter a la planta a un cierto nivel de estrés hídrico, que reduce en una mayor eficiencia fisiológica en el uso del agua y, a la vez, permita la mejor respuesta cualitativa posible de la cepa (8).

El planteamiento fundamental en términos de riego deficitario es ¿hasta qué nivel de déficit hídrico conviene llegar en cada situación? Ante la escasez de trabajos relativos a la utilización del riego deficitario según distintos niveles de estrés hídrico, el objetivo del trabajo es estudiar las consecuencias hídricas y fisiológicas de la frecuencia de rehidratación por goteo, en la variedad tinta Cabernet Sauvignon, en Valladolid (España), para mejorar la eficiencia en el uso del agua de riego en el viñedo orientado a la calidad de la uva en Castilla y León.

2 Material y métodos

El trabajo se llevó a cabo durante el periodo 2015-2017 en un viñedo localizado en Valladolid, Castilla y León (España). El material empleado es *Vitis vinifera* L, cv Cabernet Sauvignon, sobre portainjerto 110 Richter, plantado en 2004, con un marco de 2,2 m × 1,2 m (3.788 plantas.ha⁻¹). El sistema de conducción es espaldera vertical, mediante cordón Royat bilateral y poda con 3 pulgares de 2 yemas en cada brazo (12 yemas por cepa).

El diseño experimental es en bloques al azar, con 4 repeticiones por tratamiento y una parcela elemental de 27 cepas, 7 de control, con líneas contiguas a cada lado destinadas al efecto borde. El ensayo experimental consiste en el establecimiento de 4 regímenes hídricos derivados de la aplicación de riego de rehidratación, de 12 horas, según el nivel de estrés hídrico, estimado mediante potencial hídrico de tallo a mediodía, de la siguiente manera: no riego o secano (R0), cuando $\Psi_x \approx 1,7-1,8$ MPa (R1), cuando $\Psi_x \approx 1,4-1,5$ MPa (R2), cuando $\Psi_x \approx 1,0-1,2$ MPa (R3). El riego, aplicado mediante goteros autocompensantes de caudal 4,0 L.h⁻¹, colocados cada 60 cm (pluviometría aproximada de la instalación: 3 mm/hora), a 30 cm del tronco de la cepa, se llevó a cabo a partir del envero hasta vendimia, cuando correspondió a cada nivel de potencial establecido, después de aplicar un riego de hidratación inicial de 12 horas al inicio del envero excepto en el tratamiento de secano (R0).

En la Tabla 1 aparecen reflejados los datos del riego aplicado cada año del periodo de estudio. En la Tabla 2 aparecen reflejados los datos termopluviométricos del periodo 2015-2017.

El suelo del ensayo presenta alta pedregosidad (más de 65% de elementos gruesos), lo que le confiere un buen drenaje, con una capacidad potencial de retención de agua estimada en 70 mm / m de profundidad. Es de tipo arcillo-arenoso en el 1^{er} horizonte (20 cm) y franco-arcillo-arenoso en los dos horizontes siguientes (20-100 cm), llano, sin limitaciones físicas ni químicas para el cultivo de viñedo.

Se realizaron medidas de potencial hídrico con cámara de tipo Scholander (*Soilmoisture Ltd.*) y de intercambio de gases con instrumento IRGA (*Li-Cor 6400*) en diferentes fechas y horas, a partir de la hidratación inicial al inicio del envero, según aparece reflejado en el apartado de Resultados. El análisis estadístico de resultados se realizó mediante análisis de varianza con el programa SPSS 16.

Tabla 1. Fecha de hidratación inicial, número de riegos posteriores aplicados, cantidad de agua aplicada (mm) y fecha de vendimia, en los tratamientos R0, R1, R2 y R3 en el periodo 2015-2017.

Trat.	Rehidratación y riegos aplicados									Agua aplicada			
	2015			2016			2017			2015	2016	2017	Media
	Hidrat.	Riegos	Vend.	Hidrat.	Riegos	Vend.	Hidrat.	Riegos	Vend.				
R0	-	0	8-oct	-	0	11-oct	-	0	26-sep	0	0	0	0
R1	7- ago	0	8-oct	19-ago	0	11-oct	5- ago	0	26-sep	36,4	36,4	36,4	36,4
R2	7- ago	2	8-oct	19-ago	1	11-oct	5- ago	2	26-sep	109,1	72,7	109,1	97,0
R3	7- ago	3	8-oct	19-ago	2	11-oct	5- ago	3	26-sep	145,4	109,1	145,4	133,3

Tabla 2. Datos medios mensuales y anuales (1-octubre a 30-septiembre) de Temperatura (°C) máxima (T_{max}), mínima (T_{min}) y media (T_m), y Precipitación (mm) del periodo 2015-2017.

	T _{max}			T _{min}			T _m			P		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
Oct	22,8	24,5	21,8	9,4	6,7	7,1	15,0	14,7	13,5	37,0	7,2	46,2
Nov	13,6	14,4	12,3	5,3	-0,3	2,4	9,3	6,1	6,9	71,4	17,6	48,9
Dic	8,2	9,2	9,5	0,4	-0,4	0,6	3,8	4,0	4,1	17,2	26,2	12,6
Ene	7,3	10,3	9,9	-2,4	2,6	-2,8	1,7	6,2	2,5	28,0	116,0	10,3
Feb	9,7	11,0	12,6	-0,3	1,3	2,2	4,3	5,8	7,0	16,4	38,8	39,9
Mar	16,0	12,8	16,7	1,3	0,2	2,6	8,4	6,1	9,2	16,8	32,2	6,0
Abr	18,6	15,4	21,1	5,6	3,8	3,8	11,8	9,1	12,6	66,0	99,4	3,8
May	23,4	20,0	24,5	8,1	6,6	9,0	15,7	13,1	16,7	19,8	47,4	42,0
Jun	27,9	27,6	31,3	11,9	10,4	13,7	19,7	19,1	22,4	76,2	1,9	5,4
Jul	32,8	32,6	31,0	14,5	13,8	13,5	23,7	23,0	22,4	4,2	5,4	33,2
Ago	29,9	31,8	30,6	12,7	13,2	13,3	21,1	22,4	21,8	5,2	0,2	13,6
Sep	24,5	27,5	26,1	9,0	10,4	9,2	16,1	18,6	17,5	23,6	13,0	0,2
1 abr-30 sep	26,2	25,8	27,4	10,3	9,7	10,4	18,0	17,6	18,9	195	167	9,8
AÑO	19,6	19,8	20,6	6,3	5,7	6,2	12,6	12,4	13,1	382	405	262

3 Resultados y Discusión

3.1 Potencial hídrico de xilema a las 12 hs

En 2015, la hidratación inicial, el 7 de agosto, supuso una inmediata reacción del viñedo, generando diferencias significativas en el potencial de xilema con respecto al tratamiento no hidratado (R0), que se mantuvieron durante tres semanas. Tras el primer riego posterior del tratamiento R3, éste mostró diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos, permaneciendo el R0 significativamente por debajo de R1 y R2. Tras el primer riego posterior de R2, este tratamiento mostró valores significativamente mayores que el resto, permaneciendo el R3 por encima de R1 y R0, ambos ya bastante igualados, significativamente por debajo de R3 y R2 hasta el final del ciclo de estudio. El segundo riego posterior de R3 volvió a suponer un estado hídrico significativamente mejor que el de R2, durante dos semanas, hasta la aplicación del segundo riego posterior de R2, el cual volvió a provocar un mejor estado hídrico que el de R3 durante dos semanas, hasta que el tratamiento R3 fue regado por tercera vez y volvió a situarse por encima de R2 hasta el final del ciclo de estudio, en la 2ª semana de octubre.

En 2016, la hidratación inicial, el 19 de agosto, también supuso una contundente reacción del viñedo, generando diferencias significativas entre los tres tratamientos hidratados y R0, que se mantuvieron durante casi tres semanas. Tras el primer riego posterior del tratamiento R3, éste mostró diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos, que mantuvo hasta el primer riego posterior de R2. Tras dicho primer riego posterior de R2, este tratamiento mostró valores significativamente mayores que el resto durante dos semanas, aunque el R3 se mantuvo significativamente por encima de R1 y R0, ambos ya aproximados entre sí. El segundo riego posterior de R3 volvió a suponer un estado hídrico significativamente mejor que el de R2, y que el del resto de tratamientos, permaneciendo R2 por encima de R1, aunque sin que las diferencias fueran estadísticamente significativas entre ambos, mientras que R0 continuó presentando los valores más bajos hasta el final del ciclo de estudio, en la 2ª semana de octubre.

En 2017, la hidratación inicial, el 5 de agosto, produjo una clarísima reacción del estado hídrico del viñedo, generando diferencias significativas de los tratamientos hidratados con respecto al R0, que se mantuvieron durante más de tres semanas. Tras el primer riego posterior del tratamiento R3, éste mostró diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos, permaneciendo el R0 significativamente por debajo de R1 y R2. Tras el primer riego posterior de R2, este tratamiento mostró valores significativamente mayores que R3, éste los mostró mayores que R1 y éste los mostró mayores que R0. El segundo riego posterior de R3 volvió a suponer un estado hídrico mejor que el de R2 durante dos semanas, hasta que se volvió a regar el R2. Tras este segundo riego de R2, simultáneo con el tercero de R3, el potencial de R2 se aproximó al de R3 durante casi dos semanas, situándose ambos tratamientos significativamente por encima de R1 y, sobre todo, R0 hasta el final del ciclo de estudio. En la primera quincena de octubre el estado hídrico de R3 se mostró mejor que el de R2.

En resumen, la hidratación inicial supuso una mejora inmediata del estado hídrico del viñedo, generando diferencias significativas con respecto al tratamiento no hidratado (R0), que se mantuvieron durante tres semanas. Los riegos posteriores de R3 y de R2 provocaron diferencias significativas de cada uno de ellos con respecto al otro y a los demás tratamientos durante los intervalos de tiempo entre dichos riegos, finalizando el ciclo de estudio con mejor estado hídrico del R3. El tratamiento R1 se aproximó gradualmente a R0, de tal modo que aproximadamente durante el último mes mostraron valores cercanos, aunque siempre ligeramente superiores en R1 que en R0.

3.2 Potencial hídrico foliar a las 9, 10 y 11 hs

En septiembre de 2016, al cabo de 5 semanas desde la hidratación inicial, el tratamiento R3, el más regado desde entonces, mostró diferencias significativas con el resto de tratamientos en el potencial foliar a las 10 hs, estando el R0 significativamente por debajo de R3 y R2 hasta final del mes, en que se aproximó a R1, permaneciendo R3 con

un nivel más alto de hidratación en la primera semana de octubre.

En septiembre de 2017, a partir de un mes después de la hidratación inicial, tanto a las 9 hs como a las 11 hs, los

tratamientos regados posteriormente, R3 y R2, mostraron un nivel significativamente mejor que R1 y R0, los cuales ofrecieron un nivel de potencial bastante parecido.

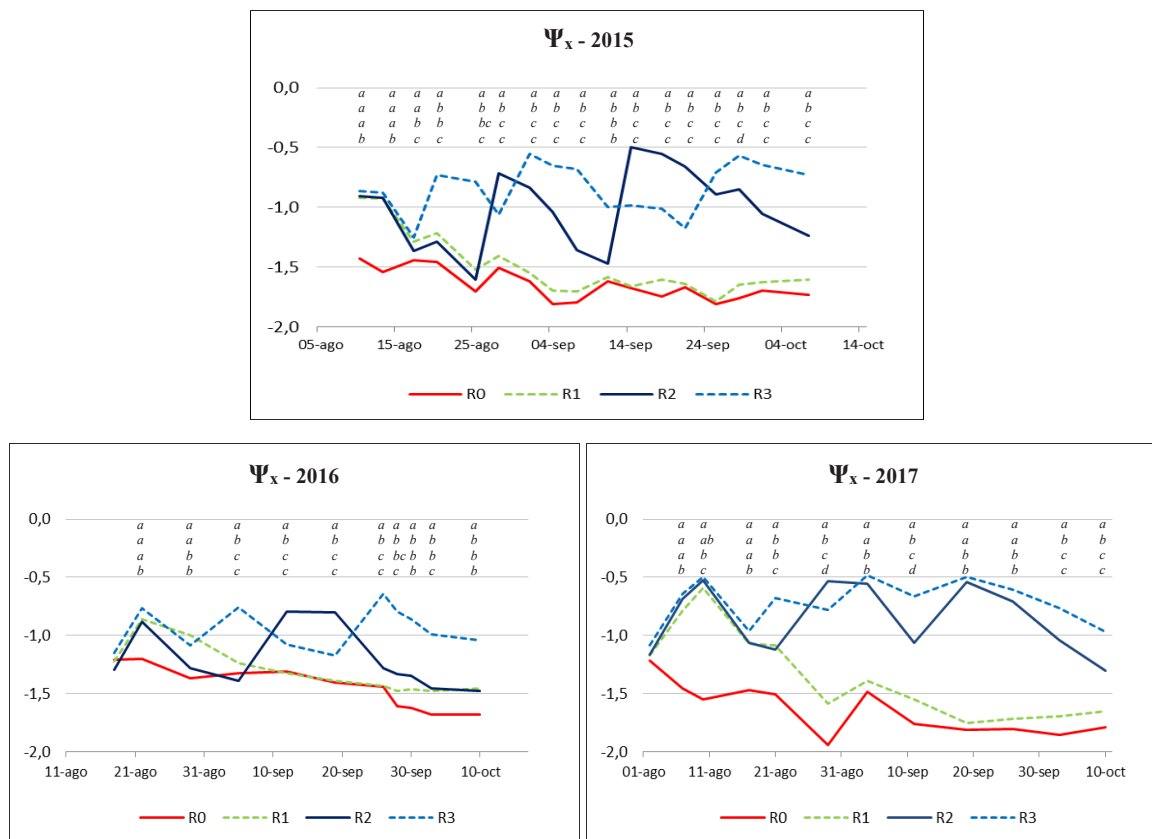


Figura 1. Potencial hídrico de xilema (Ψ_x , MPa) a las 12 hora solar en **2015, 2016 y 2017** en los tratamientos: **R0, R1, R2 y R3**. Significación estadística: $p < 0,05$ (letras distintas indican diferencia significativa entre tratamientos).

Tabla 3. Potencial hídrico foliar (Ψ , MPa) a las 10 hora solar en septiembre-octubre **2016** y a las 9 y 11 hora solar en septiembre **2017**, en los tratamientos (Trat.): **R0, R1, R2 y R3**. Significación estadística (Sig.): -, no significativo; *, $p < 0,05$ (letras distintas indican diferencia significativa entre tratamientos).

Trat.	2016				2017			
	Ψ_{10}				Ψ_9		Ψ_{11}	
	26-sep	28-sep	30-sep	3-oct	4-sep	19-sep	4-sep	19-sep
R0	-1,76 c	-1,77 c	-1,71 b	-1,75	-1,59 b	-1,66 b	-1,67 b	-1,92 b
R1	-1,61 bc	-1,64 bc	-1,60 b	-1,65	-1,55 b	-1,60 b	-1,64 b	-1,87 b
R2	-1,44 b	-1,56 b	-1,55 b	-1,62	-0,82 a	-0,84 a	-0,99 a	-0,99 a
R3	-0,96 a	-1,07 a	-1,15 a	-1,29	-0,77 a	-0,86 a	-0,85 a	-0,98 a
Sig.	*	*	*	-	*	*	*	*

3.3 Intercambio de gases en 2015

A principios de septiembre de 2015, al cabo de más de 3 semanas desde la hidratación inicial, las tasas de intercambio de gases mostraron a las 9 hs un nivel significativamente mayor en los tratamientos regados posteriormente, R3 y R2, que en R1, y en éste un nivel mayor que en R0. A finales de septiembre, el tratamiento R1 redujo su tasa, separándose más de R2 y R3 y acercándose al tratamiento no rehidratado, R0.

A las 12 hs, el tratamiento R3 mostró en general un nivel significativamente superior a R2, mientras que éste

lo mostró significativamente más alto que R1 y, a su vez, R1 lo mostró mayor que R0, aunque las diferencias entre estos dos últimos a veces no fueron estadísticamente significativas.

3.4 Intercambio de gases en 2016

A finales de septiembre y principios de octubre de 2016, a las 12 hs, al cabo de 5 semanas desde la hidratación inicial, las tasas de intercambio de gases mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de forma constante, acorde con el número de riegos recibidos,

aunque las diferencias absolutas se fuesen reduciendo entre los mismos. Así, en general, R3 mostró diferencias significativas con respecto a R2, R2 con respecto a R1, y R1 con respecto a R0, incluso en la última medida, realizada el 10 de octubre.

3.5 Intercambio de gases en 2017

A principios de septiembre de 2017, al cabo de 4 semanas desde la hidratación inicial, las tasas de intercambio de gases mostraron a las 9 hs diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de forma progresiva según el número de riegos recibidos. Así, R3 mostró diferencias significativas con respecto a R2, R2 con

respecto a R1 y R1 con respecto a R0. A mediados de septiembre, la tendencia de las diferencias entre tratamientos se mantuvo, pero sin que resultaran estadísticamente significativas entre R3 y R2, debido al último riego aplicado a ambos tratamientos, ni entre R1 y R0.

A las 12 hs, la tendencia favorable a los diversos tratamientos en función del número de riegos aplicados se mantuvo. No obstante, a principios de septiembre las diferencias no fueron significativas entre R3 y R2, ni entre R1 y R0, mientras a mediados de septiembre, las diferencias favorables de R3 con respecto a R2 sí resultaron estadísticamente significativas en cuanto a conductancia y transpiración, debido al último riego aplicado a ambos tratamientos.

Tabla 4. Fotosíntesis (A_n , $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), Conductancia estomática (g_s , $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) y Transpiración (E , $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 9 y a las 12 hs (hora solar) en septiembre de **2015**, de los tratamientos (Trat.): **R0, R1, R2 y R3**. Significación estadística (Sig.): -, no significativo; *, $p<0,05$ (letras distintas indican diferencia significativa entre tratamientos).

Trat.	9 hs						12 hs					
	A_n		g_s		E		A_n		g_s		E	
	1-sep	25-sep	1-sep	25-sep	1-sep	25-sep	1-sep	25-sep	1-sep	25-sep	1-sep	25-sep
R0	5,50 c	4,39 b	36,1 c	21,5 b	1,00 c	0,98 b	4,39 d	1,84 c	10,0 c	5,4 c	0,40 c	0,29 c
R1	12,64 b	7,46 b	81,0 b	36,2 b	2,02 b	1,57 b	7,46 c	4,48 b	23,4 c	13,6 c	0,78 c	0,70 c
R2	16,53 a	15,13 a	117,8 a	96,3 a	2,63 ab	3,64 a	15,13 b	12,29 a	68,1 b	55,5 b	2,07 b	2,42 b
R3	18,35 a	15,61 a	137,8 a	134,9 a	3,08 a	4,80 a	15,61 a	14,11 a	74,0 a	74,1 a	2,29 a	3,16 a
Sig.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

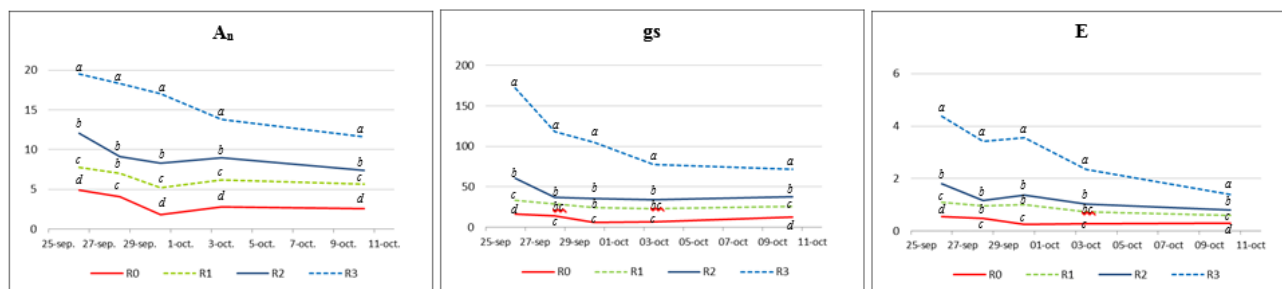


Figura 2. Fotosíntesis (A_n , $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), Conductancia estomática (g_s , $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) y Transpiración (E , $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hora solar en septiembre-octubre de **2016**, de los tratamientos (Trat.): **R0, R1, R2 y R3**. Significación estadística: $p<0,05$ (letras distintas indican diferencia significativa entre tratamientos).

Tabla 5. Fotosíntesis (A_n , $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), Conductancia estomática (g_s , $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) y Transpiración (E , $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 9 y a las 12 hora solar (hs) en septiembre de **2017**, de los tratamientos (Trat.): **R0, R1, R2 y R3**. Significación estadística (Sig.): -, no significativo; *, $p<0,05$ (letras distintas indican diferencia significativa entre tratamientos).

Trat.	9 hs						12 hs					
	A_n		g_s		E		A_n		g_s		E	
	4-sep	19-sep	4-sep	19-sep	4-sep	19-sep	4-sep	19-sep	4-sep	19-sep	4-sep	19-sep
R0	2,19 d	3,39 c	8,5 d	9,6 b	0,35 d	0,43 b	3,39 b	3,71 c	18,0 b	13,7 c	0,39 b	0,40 c
R1	5,97 c	6,81 b	23,3 c	20,4 b	0,90 c	0,91 b	6,81 b	6,06 b	28,8 b	21,6 c	0,74 b	0,71 c
R2	13,78 b	13,80 a	79,0 b	83,0 a	2,64 b	3,31 a	13,80 a	15,16 a	89,3 a	107,5 b	2,02 a	3,05 b
R3	16,24 a	16,24 a	93,8 a	101,6 a	3,15 a	3,63 a	16,24 a	16,75 a	104,7 a	121,5 a	2,38 a	3,46 a
Sig.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

4 Conclusiones

La hidratación inicial efectuada en el envero supuso una mejora inmediata del potencial hídrico de xilema, generando diferencias significativas frente al secano que se mantuvieron durante 3 ó 4 semanas. Los riegos posteriores de R3 y de R2 provocaron diferencias significativas entre ellos durante los intervalos de tiempo entre dichos riegos, finalizando el ciclo de estudio con mejor estado hídrico del tratamiento R3, mientras que el R1 se aproximó gradualmente a R0, con valores cercanos entre ambos durante el último mes. Las medidas de potencial hídrico foliar a diversas horas de la mañana, entre las 9 y las 11 hs, realizadas al cabo de un mes de la rehidratación inicial, mostraron diferencias significativas favorables a R3, sobre todo, y a R2, con respecto a R1 y, sobre todo, a R0.

Las tasas de fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración, medidas a las 9 y las 12 hs, al cabo de un mes de la hidratación inicial, mostraron en general diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de forma progresiva según el número de riegos recibidos. Así, R3 mostró diferencias significativas con respecto a R2, R2 con respecto a R1 y R1 con respecto a R0. No obstante, aunque la tendencia de dichas diferencias entre tratamientos se mantuvo, a veces no resultaron estadísticamente significativas entre R3 y R2, ni entre R1 y R0, sobre todo en la segunda quincena de septiembre, dependiendo del año de estudio.

La mejora del estado hídrico y la actividad fisiológica del viñedo a través de aplicaciones de rehidratación de 12 horas de riego por goteo, desde el envero a la madurez, se ha puesto de manifiesto en las condiciones de clima y suelo del ensayo con Cabernet Sauvignon, destacando que una sola hidratación mantiene durante unas 3 semanas un nivel de estado hídrico superior al de las plantas sin hidratación, mantenidas en condiciones de completo secano.

El criterio de riego a utilizar según el nivel de estrés al que se quiera someter al viñedo para optimizar su estado hídrico y su actividad fisiológica dependerá de las condiciones del suelo de cultivo, de la variedad y de los objetivos productivos y cualitativos de explotación de dicho viñedo.

Agradecimientos

La elaboración de este trabajo ha sido posible a través de la base de proyectos INIA previos y del RTA2014-00049-C05-01 y del

PID2019-105039RR-C42, fondos FEDER y de la Junta de Castilla y León, así como la colaboración de personal del ITACYL.

Referencias

1. M.V. Alburquerque, R. Yuste, J. Yuste. *Influencia de la dosis de riego en Tempranillo en el Valle del Duero: fisiología, superficie foliar, productividad y calidad de la uva*. La Semana Vitivinícola **3476**, 1334-1340 (2016)
2. T. Scholasch, M. Rienth. *Review of water deficit mediated changes in vine and berry physiology; consequences for the optimization of irrigation strategies*. OENO One **3**, 423-444 (2019)
3. J.M. Costa, M. Vaz, J.M. Escalona, R. Egipto, C.M. Lopes, H. Medrano, M.M. Chaves. *Water as a critical issue for viticulture in southern Europe: sustainability vs competitiveness*. IVES Technical Reviews. doi.org/10.20870/IVES-TR.2020.3182 (2020)
4. J. Yuste, A. Vicente. *Fotosíntesis, conductancia estomática y potencial hídrico de la vid en cv. Verdejo. Relación y respuesta como indicadores del viñedo sometido a diferentes regímenes hídricos en la D.O. Rueda*. La Semana Vitivinícola **3.536**, 164-172 (2019)
5. J. Yuste, M.V. Alburquerque, J.R. Yuste. *Riego deficitario en cv. Tempranillo (Vitis vinifera L.): efectos productivos, vegetativos y cualitativos frente al secano, en el valle del Duero*. La Semana Vitivinícola **3.572**, 1.222-1.228 (2020)
6. J. Yuste, A. Vicente, D. Martínez-Porro. *Estado hídrico y eficiencia fisiológica en cv. Cabernet Sauvignon: respuesta a distintos regímenes hídricos incluyendo la alternativa PRD en la línea de cepas*. Enovocultura **71**, 28-35 (2021)
7. D.S. Intrigliolo, J.R. Castel. *Response of grapevine cv. Tempranillo to timing and amount of irrigation: water relations, vine growth, yield and berry and wine composition*. Irrig. Sci. **28**, 113-125 (2010)
8. V. Zufferey, J.-L. Spring, T. Verdenal, A. Dienes, S. Belcher, F. Lorenzini, C. Koestel, J. Rösti, K. Gindro, J. Spangenberg, O. Viret. *The influence of water stress on plant hydraulics, gas exchange, berry composition and quality of Pinot noir wines in Switzerland*. OENO One **51** (1). doi:10.20870/oeno-one.2017.51.1.1314 (2017)