

INFLUENCIA DEL RIEGO DEFICITARIO EN LA APARICIÓN DE DESORDENES FISIOLÓGICOS EN CEREZAS 'PRIME GIANT'

Blanco Montoya, V.¹, Blaya-Ros, P.J.¹, Temnani, A.¹, Torres Sánchez, R.², González-Teruel, J.D.², Soto Valles, F.², Toledo Moreo, A.B.², Jiménez Buendía, M.², Domingo Miguel, R.¹

¹ Dpto. de Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Cartagena. victor.blanco@upct.es; pedro.blaya@upct.es; abdelmalek91@gmail.com; rafael.domingo@upct.es

² Dpto. de Automática, Ingeniería Eléctrica y Tecnología Electrónica, Universidad Politécnica de Cartagena. roque.torres@upct.es; juando.gonzalez@upct.es; pencho.soto@upct.es; ana.toledo@upct.es; manuel.jimenez@upct.es.

Resumen

Se describen los resultados agronómicos obtenidos en un ensayo de riego deficitario controlado realizado en cerezos (*Prunus avium* L.) combinación 'Prime Giant'/SL64, durante cuatro campañas (2015-2018) en Jumilla (Murcia, España). Los tratamientos de riego ensayados fueron: CTL, regado al 110% ET_{cg} (evapotranspiración del cultivo bajo riego por goteo) durante toda la campaña de riego y RDC con riego al 100% de ET_{cg} durante precosecha y diferenciación floral y al 55% de ET_{cg} el resto de postcosecha. Se monitorizó el potencial matricial de agua en el suelo (Ψ_m) y se midió periódicamente el potencial hídrico de tallo a mediodía (Ψ_t). Los diferentes volúmenes de riego promedios aplicados anualmente, 6949 y 4249 $m^3 ha^{-1}$ para CTL y RDC respectivamente, provocaron diferencias significativas en la disponibilidad de agua para la planta y en su estado hídrico durante la postcosecha de todos los años de estudio. Sin embargo, estas diferencias no provocaron que el rendimiento de los cerezos sometidos a RDC fuera menor o mayor proporción de frutos dobles, cuya presencia resultó altamente dependiente de la temperatura del aire durante los primeros días de la postcosecha del año previo. Sí que se observó que los frutos de los árboles bajo RDC presentaban una menor proporción de frutos partidos en cosecha y en los análisis de inducción de partidura en laboratorio.

1- Introducción

La agricultura de regadío en zonas altamente productivas se encuentra limitada principalmente por la disponibilidad de agua. En regiones áridas o semiáridas como el sureste español, la situación de escasez de agua es un problema estructural el cual se está agravando por los efectos del cambio climático (menor pluviometría y temperaturas más extremas) y la mayor competencia por este recurso con otros sectores.

En esta situación, la agricultura de estas áreas está obligada a mejorar los sistemas de aplicación del agua, implementar el uso de sensores que ayuden a programar los riegos y optimizar el uso del agua y a la adopción de estrategias de riego que permitan aumentar la productividad del agua sin disminuir ni la productividad ni la calidad de los frutos. Entre las estrategias de riego existentes destaca el riego deficitario controlado (RDC) que consiste en aplicar un déficit hídrico controlado en los estados fenológicos del cultivo menos sensibles al déficit hídrico y satisfacer sus necesidades hídricas en el resto del ciclo (Mitchell y Chalmers, 1982). La aplicación de RDC ha conseguido en diferentes especies de árboles frutales, entre ellos el cerezo, reducir el consumo de agua en valores próximos al 40% con respecto a las necesidades totales del cultivo y entre un 22 y un 35% respecto a los volúmenes de agua

aplicados por agricultores de la zona manteniendo la producción y calidad de la cereza (Blanco et al., 2019).

La aplicación de RDC conlleva un conocimiento profundo de la fenología del cultivo y de su estado hídrico ya que déficits excesivos o muy prolongados tendrían consecuencias negativas en su rendimiento, desarrollo vegetativo y/o reproductivo. En cultivos del género *Prunus* como la cereza o variedades tempranas de melocotón o nectarina, donde el déficit hídrico se aplica en postcosecha, un estrés severo en esta etapa se ha relacionado, en ocasiones, con una elevada aparición de frutos dobles en la cosecha de la siguiente campaña (Patten et al., 1989). La presencia de frutos dobles disminuye los beneficios económicos del productor al reducir la cantidad de fruta exportable. En cerezo, además de los frutos dobles, las mayores pérdidas económicas se deben a la partidura de la fruta (Correia et al., 2018). Por ello, es de gran interés conocer si la estrategia de riego propuesta influye o no en la susceptibilidad de las cerezas a partirse.

2- Objetivo

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la estrategia de riego deficitario controlado (RDC), sobre la aparición de trastornos fisiológicos del tipo frutos dobles y partidura de la cereza en cosecha y valorar su comportamiento potencial durante su vida útil.

3- Materiales y Métodos

El ensayo abarcó las campañas de 2015, 2016, 2017 y 2018 de cerezos (*Prunus avium* L) de la combinación 'Prime Giant'/SL64 de 15 años de edad en sistema de formación de vaso español a una densidad de plantación de 667 árboles ha⁻¹ en una parcela experimental de 0,5 ha dentro de la explotación comercial 'Finca Toli' (Jumilla, Región de Murcia; 38° 8' N; 1° 22' W y 680 m de altitud). La instalación de riego por goteo consistió en un lateral por hilera de árboles y 3 goteros por árbol de 4 L h⁻¹. El suelo, medianamente pedregoso, de textura franco arenosa presenta una capacidad media de retención de agua. El agua de riego provenía de un pozo y presentó una CE_{25°C} de 0,8 dS m⁻¹.

Se definieron dos tratamientos de riego: i) control (CTL), regado al 110% de ET_{cg} durante todo el ciclo de cultivo y ii) riego deficitario controlado (RDC), programado al 100% de ET_{cg} durante precosecha y postcosecha inicial (diferenciación floral, Junio) y al 55% de ET_{cg} durante el resto de la postcosecha (Julio – Noviembre). ET_{cg} se determinó de acuerdo con la expresión propuesta por FAO:

$$ET_{cg} = ET_0 \times K_c \times K_r$$

donde, ET₀ es la evapotranspiración de referencia, K_c el coeficiente de cultivo (Marsal, 2012) y K_r un coeficiente corrector por localización dependiente de la superficie del suelo cubierta por las copas de los árboles (Feres et al., 1982). El diseño experimental fue de bloques al azar con 4 repeticiones por tratamiento. El análisis de datos se realizó mediante ANOVA.

Con el objetivo de conocer de manera continua el estado energético de agua en el suelo, se instalaron 2 sensores capacitivos de compensación térmica para la medida del potencial matricial del agua en el suelo, Ψ_m, (MPS-6, Meter Group, Inc., EEUU) a 1,5 m del tronco y 23 cm del emisor y a 25 y 50 cm de profundidad y se calculó la media Ψ_m de ambas profundidades en el periodo de 11.00 a 14.00 h TU. Semanalmente se controló el estado hídrico de tallo a mediodía (Ψ_t) en dos árboles por repetición, en hojas cercanas a la base del tronco y envueltas con plástico y papel de aluminio durante dos horas (Shackel et al., 1997) utilizando cámara de presión (Model 3005, Soil Moisture Equipment Corp., EEUU), a partir de estas medidas se calculó la integral de estrés (ISΨ_t) según Myers et al. (1988).

Los datos climáticos fueron obtenidos a partir de una estación meteorológica cercana a la finca propiedad del SIAR (Servicio Integral de Asesoramiento al Regante CREA-UCLM). En el momento de la cosecha se pesó la producción individual de los cinco árboles centrales de cada repetición y en muestras de 5 kg se contabilizaron el número de frutos dobles y de frutos partidos para estimar su proporción en el rendimiento total. En 2018 además de

contabilizar la fruta rajada en el árbol se llevó a cabo un experimento en laboratorio para evaluar el potencial de la fruta a partirse (Christiansen et al., 1972). 50 frutos sanos por repetición fueron inmersos en 2 L de agua destilada, y tras 2, 4 y 6 h se contabilizaron el número de cerezas partidas. Se expresaron los resultados como índice de partidura (IP): $IP = (5a + 3b + c) \times 250^{-1}$, donde a, b, y c son el número de cerezas partidas tras 2, 4 y 6 h. A partir de esas mismas muestras se registró la zona en la que se produjo la partidura y con los frutos de la primera cosecha se siguió la dinámica de absorción de agua de la fruta y la susceptibilidad intrínseca a la partidura, WU_{50} (Weichert et al., 2004).

4- Resultados y Discusión

Los volúmenes de riego promedios aplicados anualmente para los periodos de precosecha, diferenciación floral y postcosecha fueron 2000, 634 y 4315 $m^3 ha^{-1}$ para el tratamiento CTL y para RDC 1763, 623 y 1863 $m^3 ha^{-1}$. Esta diferencia entre dosis de riego aplicadas produjo diferencias significativas en el Ψ_m durante la postcosecha (Tabla 1).

Tabla 1. Valores promedio de potencial matricial (Ψ_m) a 25 – 50 cm e integral de estrés del potencial de tallo ($SI\Psi_t$) para los periodos de precosecha, diferenciación floral y postcosecha para los tratamientos control (CTL) y riego deficitario controlado (RDC).

		Precosecha	Dif. Floral	Postcosecha
Ψ_m (kPa)	CTL	-14,7	-14,3	-35,1
	RDC	-20,5	-17,7	-355,2
	ANOVA	n.s.	n.s.	**
$SI\Psi_t$ (MPa d)	CTL	29,9	14,6	78,4
	RDC	31,8	15,1	116,5
	ANOVA	n.s.	n.s.	**

** indica diferencias significativas entre tratamientos según ANOVA, $p < 0.01$. n.s. indica ausencia de diferencias significativas.

En todos los años de estudio, ambos tratamientos mostraron valores promedio Ψ_m superiores a -25 kPa en precosecha y diferenciación floral. Durante la postcosecha, el tratamiento CTL presentó valores de Ψ_m inferiores a los de las fases precosecha y diferenciación floral, particularmente el año 2017, debido a la mayor demanda climática durante esta fase. Para el tratamiento RDC la aplicación del déficit hídrico en postcosecha provocó que los valores promedio fueran de media 10 veces inferiores a los registrados en el tratamiento CTL. Estas diferencias en el estado energético del agua en el suelo provocaron diferencias en el estado hídrico de la planta, principalmente durante la postcosecha, presentando los árboles del tratamiento CTL un valor promedio de $SI\Psi_t$ un 49% inferior a los medidos en RDC (Tabla 1). A pesar de la diferencia en el estado hídrico de los árboles no hubo diferencias estadísticas entre ambos tratamientos respecto al rendimiento del cultivo en ningún año de estudio (Tabla 2).

Tabla 2. Rendimientos alcanzados en las cosechas de 2015-2018 y porcentajes de frutos dobles, rajados e índice de partidura en la cosecha de 2018.

	Rendimiento ($t ha^{-1}$)			Frutos dobles (%)			Frutos rajados (%)			Índice de partidura		
	CTL	RDC	ANOVA	CTL	RDC	ANOVA	CTL	RDC	ANOVA	CTL	RDC	ANOVA
2015	15,6	16,6	n.s.	11,6	12,2	n.s.						
2016	28,9	27,3	n.s.	2,3	1,7	n.s.	6,5	5,6	n.s.			
2017	19,7	21,9	n.s.	2,4	0,9	n.s.	1,5	0,7	n.s.			
2018	26,8	26,5	n.s.	5,5	5,0	n.s.	23,4	11,5	*	61,3	47,8	**

* y ** indican diferencias entre tratamientos según ANOVA, $p < 0.05$ y $p < 0.01$, respectivamente. n.s. indica ausencia de diferencias significativas.

Si hubo diferencias entre años, siendo los años 2016 y 2018 de elevada carga (superior a $25 t ha^{-1}$) mientras que los años 2015 y 2017 se obtuvieron rendimientos un 42 y

24% inferiores, respectivamente (Tabla 2). La incidencia de frutos dobles tampoco se vio influenciada por el tratamiento de riego, mostrando un valor que varió entre el 12% de los frutos cosechados en 2015 y el 2% en 2017 (Tabla 2). Las diferencias entre años en el número de frutos dobles se vieron fuertemente relacionadas con las temperaturas máximas alcanzadas en los 30 días siguientes a la cosecha. Esta relación entre proporción de frutos dobles y temperatura en los primeros días de postcosecha resultó en una relación lineal similar a la calculada por Beppu y Kataoka (2011) en la variedad de cereza 'Satohnishiki'. Así, se apreció que cuanto mayor es la temperatura durante los primeros días de la postcosecha del año anterior, mayor es la proporción de frutos dobles en la siguiente cosecha, independientemente del tratamiento de riego (Figura 1).

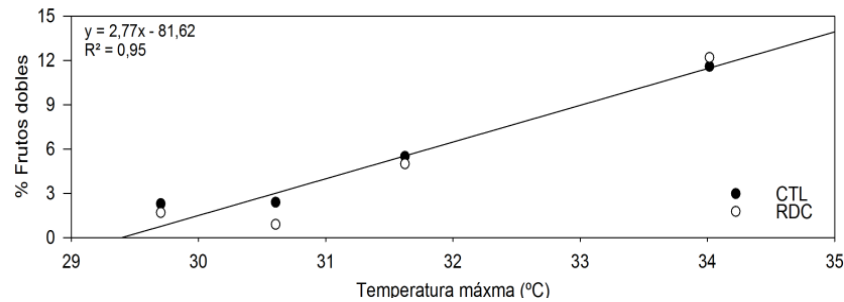


Figura 1. Relación entre la temperatura durante los 30 primeros días de la postcosecha y la proporción de frutos dobles en la campaña siguiente.

La mayor presencia de frutos rajados en el año 2018 (Tabla 2) se atribuyó a que once días antes de la cosecha se produjeron varios episodios de lluvia con un total de 86 mm en siete días. Estas lluvias provocaron un elevado número de frutos rajados en cosecha, observándose diferencias significativas entre tratamientos, solo un 12% de los frutos de los árboles del tratamiento RDC resultaron partidos en cosecha frente al 23% de los frutos del tratamiento CTL. Estos datos se vieron corroborados con el cálculo en laboratorio del IP. La hipótesis de que los frutos de CTL fueron más susceptibles a partirse debido exclusivamente a que presentaron un tamaño promedio ligeramente superior a los de RDC se descartó debido a que la relación entre ambos factores es baja (Figura 2). Los resultados obtenidos demuestran que la diferente susceptibilidad a la partidura entre tratamientos se vio influenciada por distintas variables, sin descartar que el tamaño del fruto pueda interaccionar con ellas.

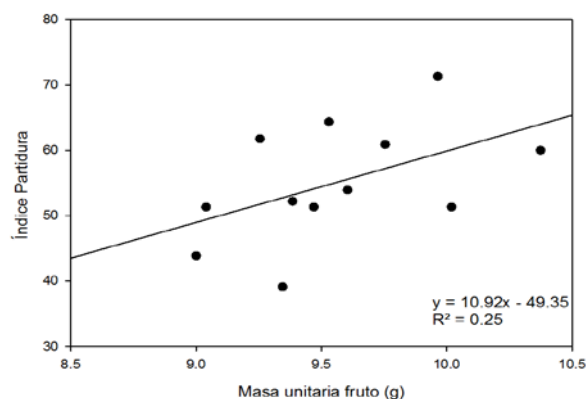


Figura 2. Relación entre el índice de partidura y la masa unitaria de fruto.

Con respecto a los tipos de partidura, los frutos inmersos en agua destilada fueron clasificados según la posición en la que presentaba la partidura. En ambos tratamientos la partidura estilar fue la mayoritaria, apareciendo en más del 40% de los frutos, seguida de la peduncular y en último lugar la partidura lateral. Estos resultados concuerdan con los descritos por Measham et al. (2010) quienes determinan que tras una lluvia, la zona de

unión del pedicelo con el fruto y la zona terminal del fruto son áreas donde el agua se acumula. Además, esas zonas presentan una mayor capacidad de absorción de agua (Beyer et al., 2002) y por lo tanto son más sensibles a desarrollar rajado microscópico o microrajado, un rajado no apreciable a simple vista pero que puede acabar causando la partidura del fruto durante el periodo de almacenamiento. Con respecto al número de frutos que no se partieron tras 6 h de inmersión, fue muy similar para ambos tratamientos y supuso un 15% del total de la fruta evaluada (Figura 3).

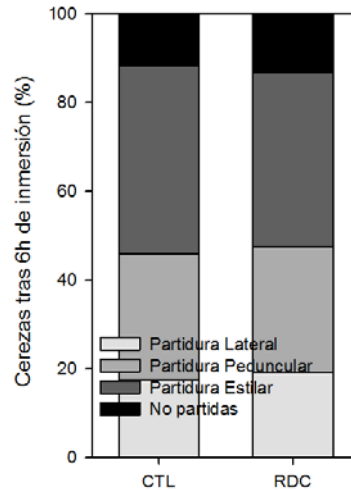


Figura 3. Distribución de los tipos de partidura en cerezas tras 6 h de inmersión.

A pesar de que el porcentaje de fruta partida en 6 h fue similar, al representar la dinámica de partidura de cada tratamiento se observaron diferencias. Los frutos del tratamiento CTL tienen una tendencia superior a partirse en las primeras horas que los frutos del tratamiento RDC, de manera que poco antes de las 3 h de inmersión el 50% de los frutos se habían partido, mientras que hubo que esperar 45 minutos más para alcanzar ese umbral en el tratamiento RDC. Esta diferencia en el momento de la partidura conllevó un valor diferente de absorción de agua para cada tratamiento, 19,7 y 14,2 mg h⁻¹ para CTL y RDC respectivamente (Figura 4). Estos valores son similares a los descritos por Weichert et al. (2004) en cerezas variedad 'Burlat' y 'Hedelfinger'. Las diferencias en tiempo para alcanzar el 50% de frutos partidos y de velocidad de absorción de agua provocaron que los valores de WU₅₀ fueran diferentes para cada tratamiento, presentando un valor superior las cerezas del tratamiento CTL que las del RDC, 59 y 51 mg respectivamente.

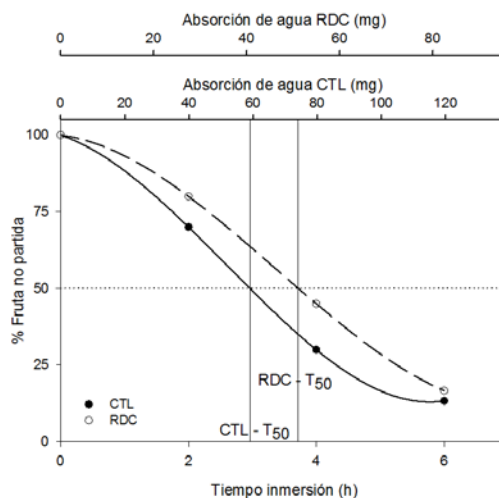


Figura 4. Dinámica de evolución de la partidura en cerezas durante la inmersión.

Sabiendo que la partidura de las cerezas está determinada por la combinación de la capacidad de absorción de la piel y de sus propiedades mecánicas (Winkler et al., 2015), los

frutos del tratamiento RDC presentaron una tendencia a menor absorción de agua y menor IP que los frutos de CTL. Estos resultados tienen implicaciones positivas en la vida útil de la fruta, ya que es esperable una menor predisposición de las cerezas de RDC a partirse durante su conservación en condiciones de humedad relativa a saturación.

5- Conclusiones

Durante un periodo de cuatro campañas, ahorros de agua anuales del 39% en la postcosecha del cerezo, respecto al tratamiento control, no redujeron la producción ni incrementaron el número de frutos dobles. La marcada variación interanual de frutos dobles estuvo influenciada por las condiciones ambientales, especialmente por la temperatura del aire. Los árboles RDC presentaron menor cantidad de fruta partida en el árbol tras un episodio de lluvia que los árboles CTL y un menor potencial a partirse durante la conservación. Estos resultados permiten considerar el riego deficitario controlado en cerezo una estrategia válida que no penaliza la producción ni aumenta la incidencia de fisiopatías, incrementando la productividad del agua en regiones donde es un recurso limitado.

A partir de nuestros resultados podemos determinar que comparativamente las cerezas de RDC envasadas en condiciones de humedad relativa a saturación aguantarían más sin partirse que las cerezas CTL.

6- Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad del Gobierno de España (MINECO) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (Ref. AGL2016-77282-C3-3-R y AGL2013-49047-C2-1-R), y la Fundación Séneca de la Región de Murcia (Grupo de excelencia 2016-2019 Ref. 19895/GERM/15). Víctor Blanco agradece a la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) la beca de iniciación a la actividad investigadora que le fue concedida. Los autores agradecen a Pedro y Agustín Carrión-Guardiola de "Finca Toli" todas las facilidades dadas para llevar a cabo los ensayos realizados.

7- Bibliografía

- Beppu, K., Kataoka, I., 2011. Studies on pistil doubling and fruit set of sweet cherry in warm climate. *J. Jap. Soc. Hortic. Sci.* 80, 1–13.
- Beyer, M., Peschel, S., Knoche, M. and Knörger, M., 2002. Studies on water transport through the sweet cherry fruit surface: IV. Regions of preferential uptake. *HortScience*. 37, 637–641.
- Blanco, V., Torres-Sánchez, R., Blaya-Ros, P.J., Pérez-Pastor, A., Domingo, R., 2019. Vegetative and reproductive response of 'Prime Giant' sweet cherry trees to regulated deficit irrigation. *Sci. Hortic.* 249, 478–489.
- Christensen, J.V., 1972. Cracking in cherries. III. Determination of cracking susceptibility. *Acta Agric. Scand.* 22, 128–136.
- Correia, S., Schouten, R., Silva, A.P., Gonçalves, B., 2018. Sweet cherry fruit cracking mechanisms and prevention strategies: a review. *Sci. Hortic.* 240, 369–377.
- Fereres, E., Martinich, D.A., Aldrich, T.M., Castel, J.R., Holzapfel, E., Schulbach, H., 1982. Drip irrigation saves money in young almond orchards. *Calif. Agric. (Berkeley)* 36, 12–13.
- Marsal, J. FAO Irrigation and drainage paper 66. Crop yield response to water. Sweet cherry, 449-457 2012. FAO, Rome.
- Measham, P.F., Gracie, A.J., Wilson, S.J., Bound, S.A., 2010. Vascular flow of water induces side cracking in sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Adv. Hortic. Sci.* 24, 243–248.
- Mitchell, P.D., Chalmers, D.J., 1982. The effect of reduced water supply on peach tree growth and yields. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 107, 853–856.

- Myers, B.J., 1988. Water stress integral-a link between short-term stress and long-term growth. *Tree Physiol.* 4, 315–323.
- Patten, K., Nimr, G., Neuendorff, E., 1989. Fruit doubling of peaches as affected by water stress. *Acta Hort.* 254, 319–321.
- Shackel, K.A., Ahmadi, H., Biasi, W., Buchner, R., Goldhamer, D., Gurusinghe, S., Hasey, J., Kester, D., Krueger, B., Lampinen, B., McGourty, G., Micke, W., Mitcham, E., Olson, B., Pelletrau, K., Philips, H., Ramos, D., Schwankl, L., Sibbett, S., Southwick, S., Stevenson, M., Thorpe, M., Weinbaum, S., Yeager, J., 1997. Plant water status as an index of irrigation need in deciduous fruit trees. *HortTechnology* 7, 23–29.
- Weichert, H., von Jagemann, C., Peschel, S., Knoche, M., Neumann, D., Erfurth, W., 2004. Studies on water transport through the sweet cherry fruit surface: VIII. Effect of selected cations on water uptake and fruit cracking. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 129, 781–788.
- Winkler, A., Ossenbrink, M., Knoche, M., 2015. Malic acid promotes cracking of sweet cherry fruit. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 140, 280–287.