

PB-04-2023

Comunicación científico-técnica

¿Afecta la superficie humectada del riego localizado al rendimiento de frutales de hueso?

Does the wetted area of drip irrigation affect the productivity of stone fruit trees?

Conesa, M.R.; Conejero, W., López-Martínez, L.; Vera, J.; Ruiz-Sánchez, M.C.

Departamento de Riego. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC). Campus de Espinardo 25, 30100 Murcia (España), mcruiz@cebas.csic.es

Resumen: Se estudia el efecto a largo plazo del manejo del riego con doble línea de emisores por hilera de árboles en relación al uso de una única línea, sobre la productividad del agua de riego, relaciones hídricas, producción y calidad de fruta de hueso. El ensayo se llevó a cabo en la finca experimental del CEBAS-CSIC, en Murcia durante 7 campañas consecutivas (2016/2017 a 2022/2023) en una parcela de nectarinos adultos (cv. Flariba) de maduración extra-temprana (primera semana de mayo). Los árboles, dispuestos en un marco de plantación de 6 m x 5 m, se regaron al 100% de sus necesidades hídricas, aplicando 2 diseños agronómicos diferentes: línea simple (tratamiento LS) y línea doble (tratamiento LD). En ambos tratamientos, cada línea constaba de 4 emisores de 4 L h⁻¹ situados a 0,5 y 1,3 m a cada lado del tronco, y en el caso de LD ambas líneas de emisores estaban separadas 1 m entre sí. Durante todo el período experimental se evaluó el estado hídrico del suelo y la planta, a partir de medidas de contenido volumétrico de agua en el suelo (θ_v), con sensores capacitivos a 0,1, 0,3, 0,5 y 0,7 m de profundidad, y de potencial hídrico de tallo a mediodía ($\Psi_{t,md}$), con cámara de presión. En cosecha, se controlaron parámetros productivos (kg y número de frutos por árbol y peso medio del fruto), así como los principales parámetros de calidad física (diámetro ecuatorial, firmeza, color) y química (sólidos solubles (°Brix), acidez titulable e índice de madurez). Si bien el volumen de riego medio de las 7 campañas agrícolas fue el mismo en ambos tratamientos (498 mm en LS y 495 mm en LD), LD manifestó una tendencia (si bien no significativa) a un peor estado hídrico del suelo y la planta durante la fase de post-cosecha, con una disminución respecto a LS de 0,12 MPa en $\Psi_{t,md}$ y del 6% en θ_v (0-0.5 m) debido a un intervalo de riego mayor (generalmente el doble que en LS), ya que el evento de riego debía humectar la misma profundidad en ambos casos. Además, no se observaron diferencias significativas en términos de productividad y calidad de la fruta. Los resultados obtenidos no mostraron ventaja alguna por la instalación de una doble línea de emisores para el riego de frutales de hueso.

Palabras clave: productividad del agua, de riego relaciones agua-suelo-planta, sensores capacitivos.

Abstract: The long-term effect of irrigation management with a double line of emitters per row of trees in relation to the use of a single line, on irrigation water productivity, water relations, production and quality of stone fruit is studied. The trial was carried out at the CEBAS-CSIC experimental farm, in Murcia during 7 consecutive growing seasons (2016/2017 to 2022/2023) in a plot of adult nectarine trees (cv. Flariba) with extra-early ripening (harvest first week of May). The trees, arranged in a planting frame of 6 m x 5 m, were irrigated at 100% of their water requirements, applying 2 different agronomic designs: single line (LS treatment) and double line (LD treatment). Both emitter lines, spaced 1 m apart in LD, consisted of 4 emitters of 4 L h⁻¹ located at 0.5 and 1.3 m on each side of the trunk. During each season, soil and plant water status was assessed by measuring volumetric soil water content (θ_v) with capacitive sensors at 0.1, 0.3, 0.5 and 0.7 m depth, and midday stem water potential ($\Psi_{t,md}$) with a pressure chamber. At harvest, production parameters (kg and number of fruits per tree and average fruit weight), as well as the main physical (equatorial diameter, firmness, colour) and chemical (soluble solids (°Brix), titratable acidity, TA and maturity index, MI) quality parameters were monitored. Irrigation water productivity was calculated as the ratio of total production to the volume of irrigation applied. Although the average irrigation volume of the 7 growing seasons was the same in both treatments (498 mm in LS and 495 mm in LD), the LD treatment showed a slight water deficit during the post-harvest period (not significant), with a decrease compared to LS of 0.12 MPa in $\Psi_{t,md}$ and 6% in θ_v (0-0.5m), due to a longer irrigation interval (usually twice that in LS), since the irrigation event had to wet the same soil depth in both cases. However, no significant differences in yield and fruit quality parameters were observed between the two treatments, with similar irrigation water productivity values. The results obtained did not show any advantage of installing a double line of emitters for irrigation of stone fruit trees.

Keywords: capacitance sensors, irrigation water productivity, soil-plant-atmosphere water relations.

1. Introducción

El riego localizado es una técnica de riego muy eficaz que responde fácilmente a las tres preguntas principales de cuándo regar, cuánta agua aplicar y dónde hacerlo, siendo el método más utilizado en cultivos de zonas Mediterráneas semiáridas con recursos hídricos limitados [1]. El riego localizado de alta frecuencia permite la aplicación conjunta de agua y fertilizantes en una zona reducida del marco de plantación [2].

El diseño agronómico del riego responde entre otros, a la profundidad efectiva que debe humectarse para un correcto desarrollo del sistema radical. Este bulbo húmedo tendrá una superficie de humectación que estará determinada por el número de emisores de riego, su caudal y la textura del suelo [3].

Para el riego de frutales de hueso los agricultores suelen utilizar una única línea de emisores por hilera de árboles debido al menor coste de instalación. Sin embargo, para un mismo tiempo de riego utilizando una doble línea de idénticos emisores se duplica la superficie humectada. Por ello, una pregunta recurrente es si el cultivo va a ser más productivo con una o con dos líneas de emisores, y en cualquier caso si alguno de estos diseños predispone una mejor aptitud frente a la demanda hídrica [4].

La superficie cultivada de fruta de hueso en España se divide en un 55% para melocotón y nectarina, seguida del cerezo con un 21% y el albaricoque con un 13%. España por tanto lidera la producción comercial de melocotón y nectarina en la cuenca Mediterránea (seguida de Italia), con una media anual de 1,42 Mt año⁻¹ en el periodo 2011-2021 [5]. En los últimos años, existe una tendencia creciente por variedades de maduración temprana que dan su nombre a su pronta recolección (principios de mayo). Dado que la maduración está relacionada con el incremento de las necesidades hídricas de los cultivos, al recolectarse estas variedades cuando el clima es menos extremo, se requiere un menor consumo de agua durante el ciclo de crecimiento del fruto [6].

El objetivo de este trabajo fue por tanto evaluar el efecto a largo plazo (7 campañas agrícolas) del manejo del riego con doble línea de emisores por hilera de árboles en relación al uso de una única línea, sobre la productividad del agua de riego, relaciones hídricas, producción y calidad de la nectarina.

2. Materiales y métodos

2.1. Condiciones experimentales

El experimento tuvo lugar durante 7 campañas agrícolas consecutivas (2016/2017 a 2022/2023) en una parcela de $\approx 0,5$ ha de la finca experimental del CEBAS-CSIC, situada en Santomera-Murcia (38° 06' 31" N, 1° 02' 16" O), de nectarinos extra-tempranos (*Prunus persica* (L.) Batsch cv. 'Flariba', injertados sobre GxN-15, y plantados en 2010 a un marco de plantación de 6,5 m x 3,5 m. El suelo era calizo, pedregoso y poco profundo, con una textura franco-arcillosa, una densidad aparente de 1,43 g cm⁻³ y bajos niveles de materia orgánica (1,3%) y capacidad de intercambio catiónico (97,9 mmol kg⁻¹). El agua de riego, procedente de la Comunidad de Regantes del Azarbe del Merancho de Santomera (Murcia) y depurada en una estación desalinizadora dentro de la misma estación experimental, tenía una conductividad eléctrica media (CE_{25°C}) de 0,8 dS m⁻¹. El contenido de agua en el suelo (Θ_v) a capacidad de campo (CC) y punto de marchitez (PM) fue del 29 y 14%,

respectivamente. Los árboles recibieron aprox. 83-56-109 kg ha⁻¹ y año⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, mediante fertirriego [2]. Las prácticas culturales realizadas (control de malas hierbas, tratamientos fitosanitarios, aclareo y poda) fueron las habituales en frutales de hueso.

2.1. Tratamientos de riego

Se aplicaron 2 tratamientos de riego con diseño agronómico diferente (Ilustración 1):

- Tratamiento línea Simple (LS): una línea porta-emisores por hilera de árboles, con 4 goteros de 4 L h⁻¹ dispuestos a 50 y 130 cm del tronco.
- Tratamiento línea Doble (LD): doble línea porta-emisores por hilera de árboles, separadas entre sí 1 m, con 8 goteros de 4 L h⁻¹ y dispuestos 50 y 130 cm del tronco.

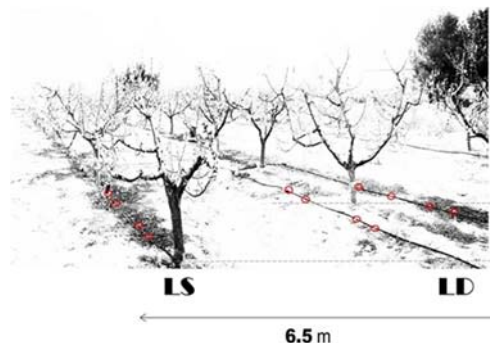


Ilustración 1: Detalle del diseño agronómico de los tratamientos LS y LD de nectarinos.

Ambos tratamientos se regaron para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ET_c). La ET_c fue estimada como el producto de la evapotranspiración de referencia (ET₀, según ecuación de Penman-Monteith [7]) por los coeficientes de cultivo locales (K_c, [8]).

Los tratamientos estaban distribuidos según diseño experimental completamente aleatorio con 4 repeticiones, cada una constaba de 6 de árboles, realizando las medidas en los 4 centrales de cada tratamiento.

2.3. Medidas

- Riego y climatología

Los volúmenes de riego aplicados se controlaron con contadores volumétricos (ARAD) instalados a pie de parcela. Las variables climáticas, incluida la evapotranspiración de referencia (ET₀, [7]), fueron registradas por una estación automatizada localizada en la finca experimental del CEBAS-CSIC (http://www.cebas.csic/general_spain/est_meteo.html) y próxima a la parcela experimental.

- Estado hídrico del suelo

El Θ_v fue monitoreado en continuo con 4 sondas capacitivas (una por repetición) EnviroScan® (Sentek Sensor Technologies, Adelaida, Australia) por tratamiento, instaladas a 10 cm del emisor situado a 50 cm del tronco. Cada sonda capacitiva tenía sensores a 10, 30, 50 y 70 cm de profundidad y estaba conectada inalámbricamente a un sistema de telemetría (ADCON Telemetry Smart Solutions, Austria) que tomaba lecturas cada 5 min y registraba valores promedios cada 15 min. La visualización y procesamiento de los datos se realizó en la plataforma web addVANTAGE versión pro 6.6. Más detalles sobre el sistema de riego automatizado pueden consultarse en Vera et al. [9].

- Estado hídrico de la planta

El estado hídrico de la planta fue evaluado con medidas de potencial hídrico de tallo a mediodía ($\Psi_{t,md}$) realizadas con cámara de presión (Soil Moisture Equipment Corp., Model 3000) en hojas sombreadas de la zona Norte de árboles representativos de cada repetición y tratamiento, las cuales fueron cubiertas con bolsas herméticas de aluminio tipo ZIP al menos 2 h antes de la medida, siguiendo las recomendaciones de [10]. No se dispone de datos de $\Psi_{t,md}$ durante la pre-cosecha del año 2020 debido a la pandemia de COVID-19.

- Producción y calidad del fruto

En cosecha (habitualmente durante la primera semana de mayo), se controló el peso total y número de frutos por árbol, con balanza digital portátil, obteniendo el peso medio por fruto de la relación entre ambos. La eficiencia de uso del agua (EUA) fue determinada como el cociente entre la producción total y la lámina de riego aplicado en cada tratamiento.

Para realizar los análisis físico-químicos de calidad se seleccionaron 15 frutos por repetición (n=60 frutos por tratamiento) con características homogéneas y óptimas, en los que se evaluaron los siguientes parámetros:

Características físicas:

- Diámetro de fruto con calibre digital (Mitutoyo, CD-15D, Japón).
- Firmeza: con texturómetro (AGROSTA® 100Field, Francia).
- Color: con colorímetro (Minolta CR-10, Osaka, Japón) según el sistema de coordenadas CIE $L^*a^*b^*$. A partir de estos valores, se calculó el Croma [$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$] y el tono o matiz [ángulo HUE, $h^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*)$].

Características químicas:

- Sólidos solubles totales (SST), expresados en °Brix: con refractómetro digital (Atago PAL-BX/ACID F5 Master Kit- Multifrutas, Japón).
- Acidez titulable (AT), expresados en mg ácido málico L^{-1} : con medidor digital (Atago PAL-BX/ACID F5 Master Kit- Multi-frutas, Japón).
- Índice de Madurez (IM): Estimado como el cociente SST/ AT.
- pH y $CE_{25^\circ C}$: Con medidor Cyberscan (Model PCD-6500, Nijkerk, Holanda).

- Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados estadísticamente con el software IBM SPSS® Statistics v. 28.0.1.0. Se realizó un análisis bifactorial ANOVA para identificar la significación de los factores estudiados: tratamiento (T) y estación de crecimiento o campaña agrícola (S), así como su interacción (T×S). Cuando el análisis estadístico reveló diferencias significativas se aplicó un test de comparación de medias (MSD; mínima diferencia significativa) con $p \leq 0.05$.

3. Resultados y discusión

La Tabla 1 muestra los aportes de riego correspondientes a los tratamientos con diferente diseño agronómico. Tras 7 campañas agrícolas consecutivas, los volúmenes totales medios correspondientes a los periodos de riego de pre y post-cosecha fueron idénticos en ambos tratamientos, promediando valores de 498 y 495 mm en LS y LD, respectivamente. Durante el periodo de estudio, la precipitación media de 327 mm aconteció de forma irregular como es característico de esta zona editerránea [4]. La evapotranspiración de referencia (ET_0) promedio fue de 1168 mm. En general, las condiciones meteorológicas se caracterizaron por un alto grado de estacionalidad: veranos calurosos y secos e inviernos frescos y húmedos [11].

Tabla 1. Demanda evaporativa (ET_0), lluvia y agua total recibida en los tratamientos de riego LS y LD (mm).

| | Lluvia (mm) | ET_0 (mm) | Riego (mm) | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|---------------------|--------------------|-------|-------|------|-------|
| | | | LS | | | LD | | |
| | | | Post ^a . | Pre ^b . | Total | Post. | Pre. | Total |
| 2016/2017 | 443 | 1141 | 572 | 24 | 596 | 604 | 34 | 639 |
| 2017/2018 | 195 | 1094 | 360 | 40 | 399 | 380 | 40 | 420 |
| 2018/2019 | 392 | 1081 | 427 | 43 | 470 | 407 | 42 | 449 |
| 2019/2020 | 336 | 1328 | 575 | 40 | 615 | 525 | 42 | 567 |
| 2020/2021 | 237 | 1320 | 526 | 27 | 553 | 522 | 28 | 550 |
| 2021/2022 | 574 | 1127 | 373 | 17 | 390 | 352 | 11 | 363 |
| 2022/2023 | 109 | 1082 | 388 | 76 | 464 | 395 | 82 | 477 |
| Media | 327 | 1168 | 460 | 38 | 498 | 455 | 40 | 495 |

^aPost = Periodo post-cosecha (mayo-octubre, año previo a la cosecha)

^bPre = Periodo pre-cosecha (marzo-mayo, año de cosecha)

La Tabla 2 muestra los valores medios del estado hídrico del suelo, a partir de valores de Θ_v . En post-cosecha, el Θ_v medio en el perfil 0-50 cm respondió a la lámina de agua aplicada, siendo del 35% y 32% para LS y LD, mientras que en pre-cosecha estos fueron de 32% y 31% para LS y LD, respectivamente., (sin diferencias significativas en el análisis de varianza). En nectarino extra-temprano, De la Rosa et al. [12] estableció valores de Θ_v entorno el 29-32%, condiciones de CC en suelos de textura franco-arcillosa.

Tabla 2 Valores medios de contenido volumétrico de agua en el suelo en el perfil 0-50 cm (Θ_v , %) en los tratamientos de riego LS y LD durante la post-cosecha (Post.) y pre-cosecha (Pre.), de cada campaña agrícola estudiada.

| $(\Theta_v, \%)$ | LS | | LD | |
|------------------|-------|------|-------|------|
| | Post. | Pre. | Post. | Pre. |
| 2016/2017 | 35,0 | 32,6 | 36,4 | 30,4 |
| 2017/2018 | 31,7 | 36,8 | 30,2 | 35,9 |
| 2018/2019 | 32,0 | 30,5 | 29,6 | 28,4 |
| 2019/2020 | 32,6 | 30,9 | 29,5 | 31,2 |
| 2020/2021 | 40,9 | 32,1 | 36,4 | 32,3 |
| 2021/2022 | 36,2 | 30,8 | 33,1 | 29,5 |
| 2022/2023 | 36,4 | 33,1 | 35,2 | 34,4 |
| Media | 35,04 | 32,4 | 32,9 | 31,7 |
| ANOVA | | | | |
| T | ns | | | |
| S | ns | | | |
| T x S | ns | | | |

ns: no significativo

En planta, los valores de $\Psi_{t,md}$ registraron ligeras diferencias en post-cosecha, con valores medios de -0.82 MPa (LS) y -0.95 MPa (LD) (Tabla 3), coincidentes con el aumento de la demanda climática (Tabla 1), y similares en pre-cosecha, promediando un valor de -0.5 MPa en LS y LD

(Tabla 3), registrando en todos los casos valores correspondientes a condiciones hídricas no limitantes [9,13,14,15]. Girona et al. [13] y Naor et al. [16] establecieron un valor umbral de $\Psi_{t,md}$ de -1,5 MPa para garantizar la fertilidad y floración del melocotonero y de -2,0 MPa para limitar la aparición de frutos dobles. López et al. [17] indicaron que un ligero déficit ($\Psi_{t,md} \approx -1,25$ MPa) aplicado antes de la recolección puede afectar negativamente al tamaño y producción final del nectarino.

La producción total, el número de frutos y el peso medio de fruto sólo fue estadísticamente inferior en LD respecto a LS, en el año 2021 (Figura 1). Este hecho se relacionó con un mayor porcentaje de frutos rajados (datos no mostrados) debido a las fuertes tormentas con lluvia y granizo que acontecieron durante la fase pre-cosecha de este año, que provocaron la caída y depreciación de muchos frutos (Tabla 1).

Tabla 3. Valores medios de potencia hídrico de tallo a mediodía ($\Psi_{t,md}$, MPa) en los tratamientos de riego LS y LD durante la post-cosecha (Post.) y precosecha (Pre.), de cada campaña agrícola estudiada.

| $\Psi_{t,md}$ (MPa) | LS | | LD | |
|---------------------|------------|-------------|------------|------------|
| | Post. | Pre. | Post. | Pre. |
| 2016/2017 | -0,57±0,02 | -0,35±0,04 | -0,68±0,01 | -0,37±0,04 |
| 2017/2018 | -0,84±0,04 | -0,53±0,053 | -0,93±0,05 | -0,58±0,03 |
| 2018/2019 | -0,82±0,06 | -0,49±0,05 | -0,98±0,07 | -0,45±0,05 |
| 2019/2020 | -0,81±0,13 | -- | -0,96±0,11 | -- |
| 2020/2021 | -0,92±0,02 | -0,45±0,06 | -0,93±0,09 | -0,51±0,07 |
| 2021/2022 | -0,87±0,08 | -0,51±0,07 | -1,01±0,07 | -0,56±0,06 |
| 2022/2023 | -0,93±0,08 | -0,67±0,08 | -1,15±0,09 | -0,62±0,04 |
| Media | -0,82 | -0,50 | -0,95 | 0,51 |
| ANOVA | | | | |
| T | ns | | | |
| S | * | | | |
| TxS | ns | | | |

n.s. no significativo, *: $p \leq 0.05$.

Como resumen, se obtuvieron valores medios de producción y número de frutos de ≈ 25 kg y 220 frutos árbol⁻¹, respectivamente, con un peso unitario de fruto de 136 g en el tratamiento LS. Por su parte, para LD se obtuvieron valores medios de producción y número de frutos de ≈ 22 kg y 197 frutos árbol⁻¹ con un peso unitario de fruto de 133 g. De la Rosa et al. [12] dató la producción de nectarinos extra-tempranos variedad 'Viowhite' en 25-35 kg árbol⁻¹ cultivados en condiciones mediterráneas. En todos los casos el análisis multifactorial mostró una mayor dependencia de la estación de crecimiento (S) que del tratamiento de riego (T) (Figura 1).

Por su parte, la eficiencia de uso del agua (EUA) evaluada por el cociente entre la producción fue ligeramente superior en el tratamiento LS respecto al tratamiento LD, pero sin diferencias significativas en ninguna campaña agrícola de estudio (Figura 2).

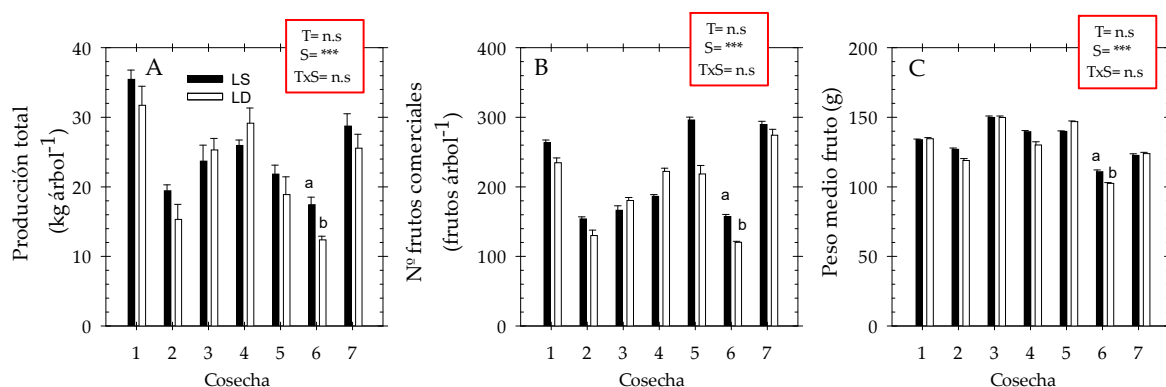


Figura 1. Producción total (kg árbol⁻¹), nº de frutos (frutos árbol⁻¹), y peso medio fruto (g) en los tratamientos LS (barras negras) y LD (barras blancas) durante las siete campañas agrícolas consecutivas: 1:2017-7:2023. Letras distintas indican diferencias significativas según el test de MDS_{0.05}. ****p*≤0,001. *ns*: no significativo.

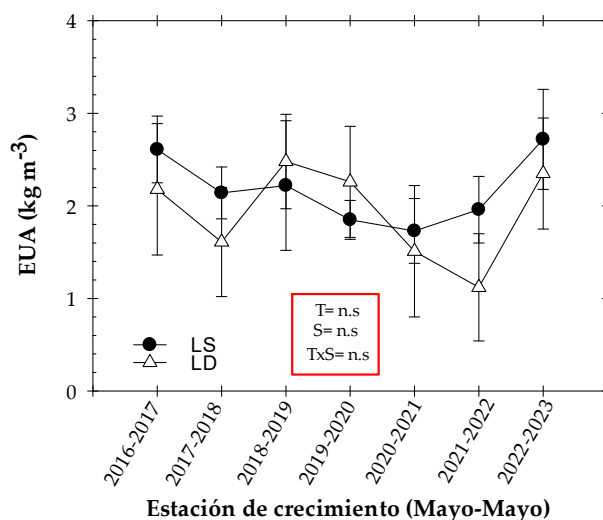


Figura 2. Eficiencia de uso del agua (EUA) en los tratamientos LS y LD durante el periodo experimental (2016/17-2022/23). *ns*: no significativo.

En los resultados de calidad físico-química de la nectarina no se observaron diferencias significativas importantes, tan solo algunas puntuales, como la firmeza que fue ligeramente inferior en LD el año 2019, y el ángulo h°, ligeramente mayor en LS. La estacionalidad de los datos sí fue significativa, salvo en el índice de madurez (Tabla 3).

A pesar de la mayor superficie humectada en LD y una lámina de riego igual a la del tratamiento LS, el intervalo de riegos en LD fue siempre superior en cualquier momento del ciclo de cultivo, lo que indujo una ligera tendencia a disminuir el $\Psi_{t,md}$ en 0,12 MPa y Θ_v un 6% respecto de LS en época de máxima demanda ambiental. Dado que el agua es un medio incompresible, el aumento del número de emisores dio lugar a bulbos húmedos más amplios, con un patrón heterogéneo de humedad del suelo y extendido horizontalmente [18]. Como resultado de la mayor superficie humectada en LD los árboles deberían mejorar la captación de agua. Sin embargo, nuestros resultados muestran una tendencia a disminuir el estado hídrico de los árboles en condiciones de LD durante la post-cosecha (Tabla 3). Million et al. [19]

encontraron mayores valores de conductividad eléctrica en las capas superiores del suelo en condiciones de riego por goteo, como resultado de la evaporación del agua de la superficie entre los eventos de riego [20]. Por lo tanto, el leve déficit hídrico observado en LD podría atribuirse a la mayor acumulación de sales en las capas superficiales del suelo, aunque insuficiente para afectar negativamente a los parámetros de rendimiento y calidad del fruto.

Tabla 3. Calidad físico-química en la cosecha durante el periodo de estudio (2017-2023). El año 2020 se excluye del análisis por no disponer de datos debido al COVID-19.

| | | Calidad física | | | | | | | Calidad química | | | | |
|-------|-------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|--------------------------|-----------|-----------|--------------------------|
| | | Dia. (mm) | Firm. (N) | L | a | b | °h | C* | °Brix | TA (mg L ⁻¹) | IM | pH | CE (dS m ⁻¹) |
| 2017 | LS | 65,3 | 88,7 | 38,8 | 22,8 | 12,9 | 26,4 | 29,1 | 10,5 | -- | -- | -- | -- |
| | LD | 64,6 | 89,9 | 40,2 | 24,1 | 13,9 | 28,1 | 29,7 | 10,4 | -- | -- | -- | -- |
| 2018 | LS | 64,0 | 87,5 | 39,3 | 33,8 | 21,1 | 40,5 | 31,9 | 11,6 | -- | -- | -- | -- |
| | LD | 62,1 | 85,6 | 43,1 | 29,2 | 25,1 | 40,8 | 41,5 | 11,2 | -- | -- | -- | -- |
| 2019 | LS | 58,3 | 89,2 a | 38,3 | 21,7 | 17,4 | 38,7 | 27,9 | 9,5 | 13,4 | 7,7 | 4,0 | 3,5 |
| | LD | 55,6 | 86,7 b | 38,5 | 21,8 | 17,5 | 38,4 | 28,1 | 9,8 | 14,6 | 7,5 | 4,8 | 3,2 |
| 2021 | LS | 65,5 | 88,9 | 36,9 | 33,0 | 13,7 | 36,1 a | 21,9 | 8,6 | 10,9 | 7,8 | 3,7 | 4,7 |
| | LD | 66,8 | 85,3 | 34,9 | 31,8 | 11,4 | 34,1 b | 19,2 | 8,6 | 11,2 | 7,7 | 3,7 | 4,1 |
| 2022 | LS | 65,8 | 86,1 | 32,6 | 27,1 | 10,5 | 29,2 | 20,8 | 8,5 | 11,7 | 7,2 | 3,3 | 4,9 |
| | LD | 67,0 | 88,1 | 33,9 | 26,5 | 11,0 | 28,8 | 22,0 | 8,8 | 12,8 | 6,9 | 3,3 | 5,1 |
| 2023 | LS | 61,7 | 84,6 | 38,8 | 33,5 | 20,3 | 39,6 | 30,8 | 13,4 | 16,6 | 8,3 | 4,6 | 3,3 |
| | LD | 61,9 | 83,2 | 39,8 | 33,4 | 22,1 | 40,7 | 32,8 | 13,6 | 18,7 | 7,4 | 4,8 | 3,4 |
| Media | LS | 63,4 | 87,5 | 37,5 | 28,7 | 16,0 | 35,1 | 27,1 | 10,3 | 13,2 | 7,8 | 4,0 | 4,1 |
| | LD | 63,0 | 86,4 | 38,5 | 27,1 | 16,9 | 35,1 | 28,9 | 10,4 | 14,3 | 7,4 | 4,1 | 4,0 |
| ANOVA | T | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> |
| | S | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | * | <i>ns</i> | *** | *** |
| | T x S | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> | <i>ns</i> |

Letras distintas indican diferencias significativas para la MDS_{0.05}. * $p \leq 0,05$; *** $p \leq 0,001$. *ns*: no significativo.

4. Conclusiones

Este trabajo aborda un estudio robusto durante 7 campañas agrícolas consecutivas sobre la idoneidad del diseño agronómico con doble línea, frente a una única línea, evaluando si el cultivo es más productivo al duplicar la superficie humectada, pese a su mayor coste de instalación. Si bien se observa un ligero déficit en planta, pese a recibir la misma cantidad de agua de riego, los resultados no mostraron ninguna ventaja en términos productivos y de calidad de la instalación de una doble línea de emisores en frutales de hueso.

5. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos del Plan Nacional de I+D (AGL2013-49047-C2-2R, AGL2016-77282-C3-1R, PID2019-106226RB-C21/AEI/10.13039/501100011033), y el programa AGROALNEXT, financiado por el MCIN con fondos europeos NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) y por la Fundación Séneca- Región de Murcia). M.R. Conesa agradece los contratos postdoctorales disfrutados del programa Juan de la Cierva (FJCI2017-32045 y IJC2020-045450-I) financiados por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y fondos europeos NextGenerationEU/PRTR.

Referencias

1. Fereres, E.; Soriano, M.A. Deficit Irrigation for Reducing Agricultural Water Use. *J. Exp. Bot.*, 2007 Vol. 58, 147-159.
2. Vera, J.; de la Peña, J.M. FERTIGA: Programa de Fertirrigación de Frutales. CEBAS-CSIC, Murcia, 1994, p. 69.
3. Ayars, J.E. Adapting irrigated agriculture to saline environments. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition, and Natural Resources* 2007 Vol. 2:13.
4. Fernández-García, I., Lecina, S., Ruiz-Sánchez, M.C., Vera, J., Conejero, W., Conesa, M.R., Dominguez A., Pardo, J.J., Lélis, B.C., Montesinos, P. (). Trends and challenges in irrigation scheduling in the semi-arid area of Spain. *Water*. 2020 Vol. 12 (3), e785.
5. FAOSTAT Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. Crops and livestock products Available online: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL>.
6. Ruiz-Sánchez, M.C.; Abrisqueta, I.; Conejero, W.; Vera, J. Deficit irrigation management in early-maturing peach crop. En: 'Water Scarcity and Sustainable Agriculture in Semiarid Environment: Tools, Strategies and Challenges for Woody Crops. First Edition (García-Tejero, I., Durán, V.H. Eds.), ISBN Paper: 9780128131640 Academic Press-Elsevier, CA, USA, 2018, 111-129. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813164-0.00006-5>.
7. Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. *Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements*; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy. 1998
8. Abrisqueta, I.; Abrisqueta, J.M.; Tapia, L.; Munguía, J.; Conejero, W.; Vera, J.; Ruiz-Sánchez, M.C.. Basal crop coefficients for early-season peach trees. *Agric. Water Manage.* 2013 Vol. 121, 158-163.
9. Vera, J.; Conejero, W.; Conesa, M.R.; Ruiz-Sánchez, M.C. Irrigation factor approach based on soil water content: a nectarine orchard case study. *Water* 2019 Vol. 11, e589.
10. Hsiao, T.C. Measurement of tree water status. In: Steward, B. A., Nielsen, D.R. (Eds), *Irrigation of Agricultural Crops. Agronomy Monograph No.30.* American Society of Agronomy. Madison. WI. 1990, pp 243-279.
11. Lionello, P.; Giorgi, F.; Rohling, E.; Seager, R. Chapter 3. Mediterranean climate: past, present and future," in *Oceanography of the Mediterranean Sea*. Eds. K. Schroeder and J. Chiggiato (Elsevier), 2023, pp. 41-91.
12. De la Rosa, J.M.; Domingo, R.; Gómez-Montiel, J.; Pérez-Pastor, A. Implementing deficit irrigation scheduling through plant water stress indicators in early nectarine trees. *Agric. Water Manage.* 2015 Vol. 157, 207-216.
13. Girona, J.; Gelly, M.; Mata, M.; Arbonés, A.; Rufat, J.; Marsal, J. Peach tree response to single and combined deficit irrigation regimes in deep soils. *Agric. Water Manage.* 2005 Vol. 72, 97-108.
14. Vera, J.; Abrisqueta, I.; Abrisqueta, J.M.; Ruiz-Sánchez M.C. Effect of deficit irrigation on early-maturing peach tree performance. *Irrig. Sci.* 2013 Vol. 31, 747-757.
15. Conesa, M.R.; Conejero, W.; Vera, J.; Agulló, V.; García-Viguera, C.; Ruiz-Sánchez, M.C. Irrigation management practices in nectarine fruit quality at harvest and after cold storage. *Agric. Water Manage.* 2021 Vol. 243, 106519.
16. Naor, A.; Stern, R.; Peres, M.; Greenblat, Y.; Gal, Y.; Flaishman, M.A. Timing and severity of postharvest water stress affect following-year productivity and fruit quality of field-grown 'Snow Queen' nectarine. *J. Amer. Soc. Hortic. Sc.* 2005 Vol. 130, 806-812.
17. López, G.; Echeverría, G.; Bellvert, J.; Mata, M.; Behboudian, M.H.; Girona, J.; Marsal, J. (). Water stress for a short period before harvest in nectarine: Yield, fruit composition, sensory quality, and consumer acceptance of fruit. *Sci. Hortic.* 2016 Vol. 211, 1-7.
18. Samadianfard, S.; Sadraddini, A.A.; Nazemi, A.H.; Provenzano, G.; Kisi, O. Estimating soil wetting patterns for drip irrigation using genetic programming. *Span. J. Agric. Res.* 2012 1155-1166.
19. Million, J.; Yeager, T.; Larsen, C. Water use and fertilizer response of azalea using several no-leach irrigation methods. *HortTechnology* 2007 Vol 17, 21-25.
20. Guttormsen, G. Accumulation of salts in the sub-irrigation of pot plants. *Plant Soil* 1969 Vol. 31, 425-438.