

OZONIZACIÓN DE AGUAS REGENERADAS EN POMELO 'STAR RUBY'. COMPORTAMIENTO DE LA INSTALACIÓN Y RESPUESTA AGRONÓMICA Y FISIOLÓGICA DEL CULTIVO

Botía Ordaz, P. (1) (P), Hernandez Ballester, FM. (1), Robles García, JM (1), Olivares Quilez, L. (1), Palazón López, J.A.(1), Arques Pardo, E.M. (1), Martínez Izquierdo, A.V. (1), Romero Azorín, P.(1), Berríos,P.(2), Gil Fernández, I.(2), Pérez-Pastor,A.(2), Navarro Acosta, JM. (1)

¹Equipo de Riego y Fisiología del Estrés (IMIDA), C/Mayor s/n, La Alberca (Murcia). E-mail: pablo.botia@carm.es

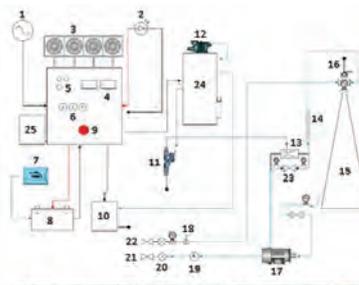
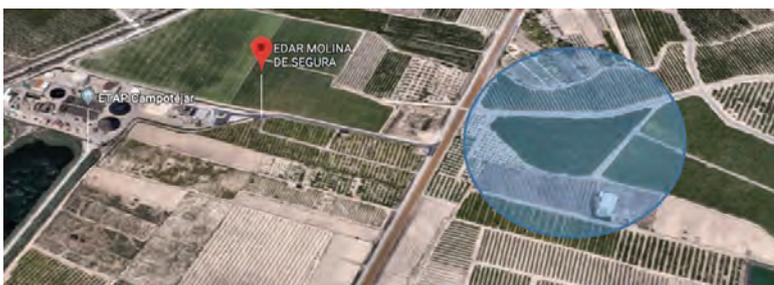
²Departamento de Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena (Murcia) E-mail: alex.perez-pastor@edu.upct.es

Resumen

Durante la campaña 2019-2020, se llevó a cabo un experimento para evaluar el comportamiento de una instalación de ozonización a pie de parcela cuando se utilizan aguas de diferente naturaleza (Regenerada y Trasvase) y obtener resultados preliminares a nivel agronómico y fisiológico de un cultivo de pomelo en estas condiciones. La aplicación de ozono, se realizó entre los meses de junio y agosto mediante una instalación situada a pie de parcela, utilizando un generador de O₃ de 20 gr/hora. Durante este periodo, se aplicó el O₃ durante todo el tiempo de riego, menos en la fase de abonado y post-abonado, para evitar posibles efectos indeseables sobre la fertilización. Durante el resto del año, los árboles fueron fertirrigados según criterio del agricultor, utilizando el agua disponible (nunca regenerada). Se evaluaron en continuo los valores redox durante todos los eventos de riego, a la entrada y a la salida de la instalación, el volumen de agua aplicado, así como algunos parámetros de crecimiento vegetativo y del fruto y estado hídrico del cultivo. Los parámetros de producción y calidad, así como el estado nutricional del cultivo de la campaña, también fueron evaluados. Nuestros resultados denotan que las instalaciones utilizadas para la aplicación de un tratamiento de ozonización a pie de parcela, cuando se utilizan aguas regeneradas, pueden presentar dificultades derivadas de la naturaleza de estas aguas (elevados niveles de materia orgánica y otras sustancias altamente oxidables), lo que hace necesario un estudio más exhaustivo de estos sistemas para poder llevar a cabo un tratamiento eficaz de O₃ en estas condiciones. Dimensionar adecuadamente la generación de O₃ para cada instalación en función de la naturaleza de las aguas utilizadas e implementar sistemas que garanticen la presurización de la instalación y procuren la dosificación adecuada de medio ácido, pueden ser algunas de las recomendaciones a seguir para este tipo de instalaciones. Por otra parte, la respuesta agronómica y fisiológica, ante estos tratamientos requiere igualmente de un mayor y más largo estudio, para poder alcanzar resultados confiables.

Material y métodos

Experimento en parcela comercial de pomelos adultos (Star Ruby x *Citrus macrophylla* Wester), en la zona de Campotejar (Murcia), próximo a EDAR de Molina de Segura. Se aplican tratamientos de ozonización entre Junio y agosto, utilizando aguas procedentes del Trasvase Tajo-Segura (tratamiento T, CE =1,16 dS/m) y aguas regeneradas (tratamiento R, CE=3,16 dS/m) procedentes de la EDAR de Molina de Segura, aplicando para ambos tipos de aguas, un tratamiento de O₃, TO₃ y RO₃. Con un diseño bifactorial de bloques completos al azar (con los factores principales Tipo de agua y Ozonización). Durante el resto de la campaña la fertirrigación es procurada por el agricultor. Se utiliza una instalación de ozono a pie de parcela, con un generador de O₃ (SMAQUA OZ20 de 20 gr/hora). La aplicación de O₃ (137 horas entre junio y agosto) se realizó fuera del periodo de abonado durante los riegos, tratando de mantener un potencial redox a la salida entre 600 y 650 mV a pH 6. Se evalúa durante el periodo de aplicación de los tratamientos: el funcionamiento de la instalación y parámetros de crecimiento vegetativo y del fruto y estado hídrico del cultivo. También se evalúan la cosecha y calidad final así como el estado nutricional del cultivo.



Legenda: 1. Red eléctrica; 2. Paneles solares; 3. Ventiladores; 4. Display redox entrada / salida; 5. Pilotos luminosos de aviso; 6. Selectores Automático / Manual de generador de ozono, dosificadora pH y secadora; 7. Agua para batería; 8. Batería; 9. Botón emergencia; 10. Secadora; 11. Trampa de agua; 12. Compresor de aire; 13. Venturi; 14. Columna transparente agua recirculada con ozono; 15. Columna dilución ozono 500L; 16. Purga ozono; 17. Bomba agua recirculación; 18. Inyección de pH desde dosificadora con depósito 100L; 19. Sonda pH salida, Dosim SPH-1-S 6; 20. Sondas Redox, Dosim SRH-1-PT-6m; 21. Llave salida de agua; 22. Llave entrada de agua; 23. Bypass; 24. Cuadro generador de ozono; 25. Aire acondicionado, refrigeración del inversor



Resultados y discusión

Funcionamiento de la instalación de ozonización:

Los diferentes tipos de agua, presentaron valores medios de potencial redox de 285 mV y 360 mV, en Trasvase y regenerada, reflejando la distinta naturaleza de las mismas (valores más elevados de *E. coli*, Na, B, S, Ca y Mg en las aguas regeneradas)

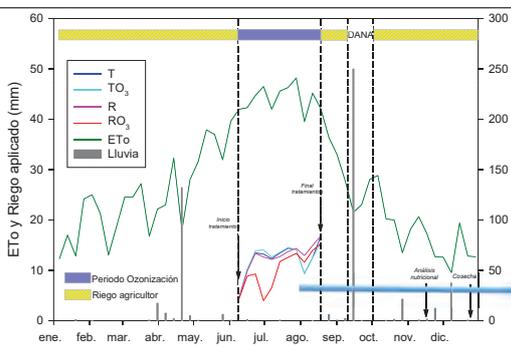
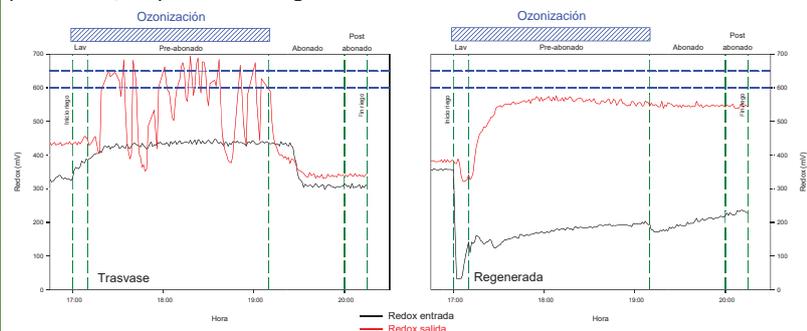
Ambos tipos de aguas, alcanzaron niveles de potencial redox significativamente superiores a la salida de la instalación, tras la ozonización.



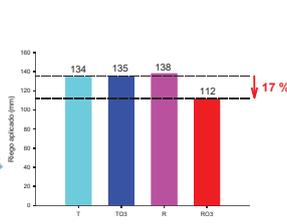
Potencial redox (mV)			
Tipo de agua	Entrada	Salida	ANOVA
Regenerada	285	477	***
Trasvase	360	589	***
ANOVA	**	***	

** *** y ns indican diferencias significativas a $P < 0,01$; $P < 0,001$ y no significativas respectivamente, según el test de Rango Múltiple de Duncan.

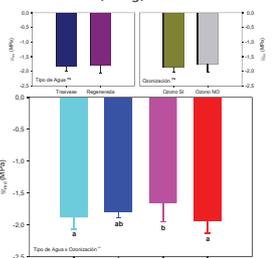
Sin embargo, mientras con agua del Trasvase el sistema fue capaz de mantener el nivel de potencial redox a la salida dentro de los umbrales marcados en el sistema (589 mV), con agua regenerada, el sistema no llegó a alcanzarlos (477 mV), lo que pudo ser debido a la carga orgánica presente en este tipo de aguas, entre otros parámetros, muy diferente al agua del Trasvase.



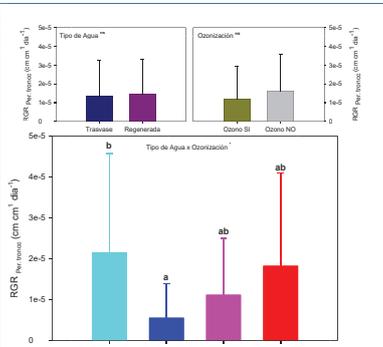
Además, durante los periodos de ozonización con agua regenerada, la instalación mantuvo un régimen de presiones inferior que con agua del Trasvase, afectando de manera significativa al caudal de descarga de los goteros. Esta situación, produjo una reducción del agua aplicada en este tratamiento (RO₃) de un 17 % inferior al resto de tratamientos.



Esto explicaría, los menores valores alcanzados de potencial hídrico de tallo a mediodía en este tratamiento al final del periodo, -1,94 MPa, que fueron significativamente inferiores al alcanzado por el tratamiento de agua regenerada sin O₃, -1,65 MPa.

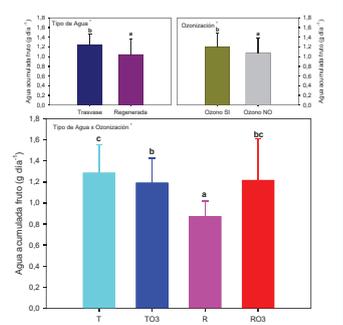


Efectos fisiológicos durante el periodo de ozonización:



Disminución de la tasa de crecimiento del perímetro del **tronco**, en el tratamiento TO₃ respecto a este mismo tipo de aguas no ozonizadas (T), lo que no fue observado para aguas regeneradas (R).

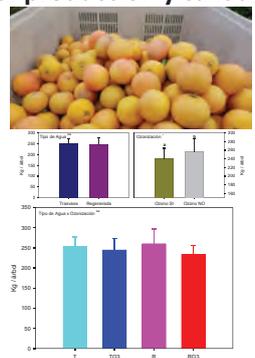
El crecimiento del diámetro del **fruto**, no experimentó diferencias entre tratamientos, sin embargo, si se apreció una disminución significativa del incremento del peso fresco de los frutos del tratamiento de agua regenerada sin ozonizar (R), respecto al resto de tratamientos, que estuvo asociado a una menor acumulación de agua en el fruto en este tratamiento.



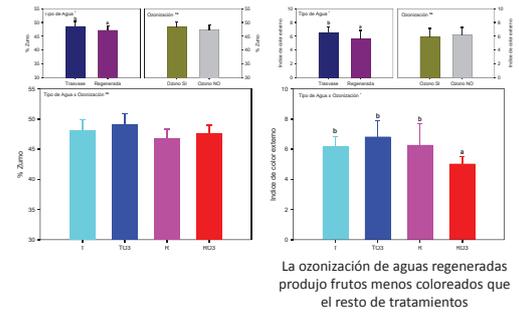
En general, las aguas regeneradas durante este periodo, produjeron una disminución del peso fresco del fruto, asociada a una menor cantidad de agua acumulada en el tratamiento no ozonizado, por lo que la ozonización en este caso parece aportar una ventaja respecto a la acumulación de agua en el fruto en estas condiciones.

Efectos al final de la campaña: producción y calidad

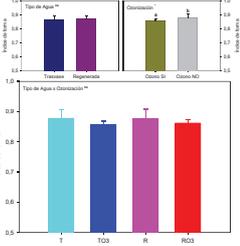
La ozonización, para ambos tipos de aguas, produjo una ligera disminución (7%) de la **producción** (kg/árbol). No se apreciaron diferencias significativas respecto al Tipo de agua. El tratamiento RO₃, que presentó los mayores niveles de estrés durante el periodo de ozonización (-1,94 MPa), produjo también valores más bajos de producción.



Las aguas regeneradas, produjeron frutos de **calidad** inferior (menos % de zumo y coloración externa)



La ozonización, produjo frutos más achatados



La ozonización de aguas regeneradas produjo frutos menos coloreados que el resto de tratamientos

Conclusiones, recomendaciones y agradecimientos

Instalaciones para la aplicación de O₃ con aguas regeneradas, pueden presentar dificultades derivadas de la naturaleza de estas aguas (elevados niveles de materia orgánica y otras sustancias altamente oxidables). Para poder llevar a cabo un tratamiento eficaz de O₃ en estas condiciones se recomienda dimensionar adecuadamente la generación de O₃ según la naturaleza del agua utilizada, implementar sistemas de presurización adecuados y garantizar la dosificación de medio ácido. La respuesta agronómica y fisiológica, ante estos tratamientos requiere de un mayor y más largo estudio, para poder alcanzar resultados confiables.

El trabajo ha sido financiado por el **proyecto RIS3MUR REUSAGUA**, financiado por la Consejería de Empresa, Industria y Portavocía de la Región de Murcia, en el marco del Programa Operativo **FEDER 2014-2020**.