

Assessment of the feasibility of using ozone treated reclaimed salt water for citrus irrigation

Evaluación de la viabilidad del uso de agua salina regenerada tratada con ozono para el riego de cítricos

I. Gil-Fernández*, A. Pérez-Pastor

Departamento de Ingeniería Agronómica, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Cartagena. Paseo Alfonso XIII 48, 30203 Cartagena (Murcia). Spain

*ismael.gil@edu.upct.es

Abstract

The use of reclaimed water has multiple benefits and risks for crops and human health due to its low agronomic quality and presence of toxic substances. The advanced treatment with ozone can reduce the negative effects of irrigation with reclaimed water and for this reason it is necessary to study the effect of this technology on physiological and agronomical crop parameters. This study aims to optimize irrigation management with ozone treated reclaimed salt water for grapefruit crop using sensors that will provide continuous information on the quality of water used, the water status of soil and plant and soil salinization that will be correlated with multispectral and thermal sensors installed on unmanned aerial vehicles (UAVs).

Keywords: water status; salinity; treated wastewater; UAVs.

Resumen

La utilización de agua regenerada tiene múltiples beneficios y riesgos para el cultivo y para la salud humana por su baja calidad agronómica y presencia de sustancias tóxicas. El tratamiento avanzado con ozono puede disminuir los efectos negativos del riego con aguas regeneradas por lo que es necesario estudiar el efecto de esta tecnología sobre parámetros fisiológicos y agronómicos del cultivo. En este estudio se pretende optimizar el manejo del riego con agua regenerada tratada con ozono para el cultivo de pomelo utilizando sensores que suministrarán una información continua de la calidad del agua empleada, el estado hídrico del suelo y planta y la salinización del suelo que serán correlacionados con los sensores multiespectrales y térmicos instalados sobre vehículos aéreos no tripulados (UAVs).

Palabras clave: estado hídrico; salinidad; agua residual tratada; UAVs.

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un factor clave para la salud de los seres vivos y ecosistemas, así como para el desarrollo social y económico de las regiones. Su cada vez menor disponibilidad, así como la disminución en su calidad es un problema mundial que será agravado en la próxima década debido a su escasez y contaminación. Para el año 2025 se estima que alrededor de un 60% de la población mundial tendrá que hacer frente a situaciones de escasez de agua [1]. Se estima que más del 80% del agua usada en todo el mundo, ni se recoge ni se trata por lo que es fundamental

encontrar alternativas de tratamiento de aguas residuales, fiables y eficientes, que permitan su reutilización de forma segura, especialmente en su uso agronómico.

La Región de Murcia es líder mundial en materia de tratamiento y depuración de aguas, así como del uso del agua regenerada en la agricultura que junto a la Comunidad Valencia genera la mitad del agua depurada que se usa para riego en toda España [2].

La utilización de aguas regeneradas tiene múltiples beneficios [3] como la reducción del aporte de contaminantes a los cursos naturales del agua, la mayor fiabilidad y regularidad del caudal de agua disponible y, por último, supone el aprovechamiento de los elementos nutritivos contenidos en ellas a modo de fertilizantes para los cultivos.

Por el contrario, existen riesgos para el cultivo derivados del uso de aguas regeneradas como es el aporte excesivo de nutrientes que favorece la formación de biopelículas que en instalaciones de riego puede provocar problemas de corrosión y obstrucciones. Además, la elevada presencia de microorganismos patógenos puede producir infestaciones del suelo provocando enfermedades radiculares [4,5]. Otro riesgo es la salinización a medio plazo del suelo y la presencia de iones fitotóxicos, siendo los más significativos el sodio, el boro y los cloruros [6]. La elevada concentración de sales presente en estos tipos de agua no solo merma la rentabilidad y productividad de los cultivos debido al efecto osmótico y/o tóxico de los iones salinos, reduciendo la absorción de agua y nutrientes por parte de la planta, sino que también puede intensificar la deficiencia de oxígeno en el suelo, principalmente debido al incremento de los volúmenes de agua a aplicar en estas condiciones para asegurar el correcto lavado de sales [7]. Esta disminución de oxígeno para las raíces de las plantas puede limitar su rendimiento [8].

En cuanto a los riesgos sanitarios, se pueden clasificar en dos tipos: por un lado, el riesgo microbiológico que supone la exposición más elevada a microorganismos patógenos (nematodos intestinales, *E. coli*, etc.), y, por otro lado, el riesgo por presencia de sustancias tóxicas de origen humano (antropogénicas). Uno de los riesgos sanitarios que más incertidumbre crea es la presencia de ciertos elementos traza de los denominados "Productos Farmacéuticos y de Cuidado Personal" (PFCEPs) [9].

Debido a la baja calidad agronómica de las aguas residuales y a los riesgos para la salud humana es necesario un tratamiento avanzado para poder utilizarlas. La propuesta de este proyecto será la adaptación de sistemas avanzados con ozono ya que es capaz de mejorar la calidad del efluente no solo eliminando los contaminantes recalcitrantes, difíciles de eliminar y que persisten a lo largo de los distintos tratamientos de una EDAR, sino también procurándole características beneficiosas para el correcto desarrollo del cultivo. Estudios realizados hasta la fecha sobre la ozonización, muestran su alta capacidad biocida, destruyendo tanto los microorganismos, como a la materia orgánica que le sirve de sustento. También, gracias a su gran poder oxidante, la ozonización es capaz de reducir o eliminar contaminantes indeseables como pesticidas, detergentes, fenoles, etc. e incluso se apunta su idoneidad y efectividad sobre los llamados contaminantes emergentes (PFCEPs) [10]. Otra ventaja de la ozonización es que corrige el contenido mineral del agua de riego, debido a la oxidación de elementos como el hierro, manganeso y compuestos tales como la urea, amoníaco, nitritos o cianuros entre otros. Y, por último, la capacidad de incrementar el oxígeno en el agua de riego debido a su generación residual en dicho proceso. Hay evidencias de que la aireación del suelo puede disminuir los efectos de la deficiencia de oxígeno, permitiendo una reducción del daño directo sobre las células del mesófilo y de las células epidérmicas de los tejidos de la raíz sometidos a condiciones salinas (aguas residuales) [11], permitiendo al mismo tiempo, un incremento de la difusión de dióxido de carbono y etileno desde la raíz, un aumento de la exclusión y/o acumulación de sales, así como un incremento de la respiración y crecimiento del sistema radicular [12-14].

Pese a su potencial, la tecnología de la ozonización de aguas residuales con fines agrícolas apenas ha sido desarrollada y estudiada. Por ello, resulta fundamental monitorizar el estado del

suelo, del ambiente y de las plantas. Dicha monitorización se puede conseguir, utilizando desde las tradicionales redes de sensores cableadas basadas en dataloggers, hasta la utilización de tecnologías de la información y de las comunicaciones relativamente más recientes, como son las Redes Inalámbricas de Sensores [15] (WSNs), ampliamente usadas en el marco de la denominada Agricultura de Precisión [16]. Las plataformas inalámbricas de sensores nos suministrarán una información continua de la calidad del agua empleada, el estado hídrico del suelo y planta y la salinización del suelo que serán correlacionados con los sensores multispectrales y térmicos instalados sobre vehículos aéreos no tripulados (UAVs) para poder diagnosticar rápidamente el estado hídrico del cultivo y la salinización del suelo, de forma que se puedan corregir los protocolos de riego para obtener una máxima eficiencia en el uso del riego con aguas regeneradas tratadas con ozono.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Descripción del sitio y tratamiento de riego

Para el estudio, se ha seleccionado 0,5 ha de pomelo de la variedad "Star Ruby" (*Citrus paradisi* Macf.) injertado sobre patrón *Macrophylla* (*Citrus macrophylla* Wester) situada en una finca comercial en Campotéjar-Murcia, sureste de España (38°07'16" N; 1°13'14,9" W). Se establecerán cuatro tratamientos de riego distintos con agua procedente del Trasvase Tajo-Segura (1 dS/m) y de la estación depuradora de aguas residuales EDAR de Molina Norte (3,5dS/m). Se irrigará con dos tratamientos de agua regenerada tratada y no tratada con ozono y dos tratamientos con agua del trasvase tratada y no tratada con ozono. El riego aplicado será el 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc). La dosis de ozono se modificará en función de la carga orgánica del agua regenerada.

2.2 Medidas continuas

Las fluctuaciones del diámetro de tronco serán medidas con sensores de desplazamiento lineal (LVDT; Solartron Metrology, Bognor Regis, UK, model DF ±2.5 mm, precision ± 10 mm). La humedad, conductividad eléctrica y temperatura del suelo se medirá con los sensores HP-2 (HydraProbe II, Stevens, Portland, Oregon), El potencial matricial se determinará con los sensores MPS-6, denominados ahora Teros 21, (METER GROUP). Para la medición de la velocidad del flujo de savia en el xilema se utilizará el sistema de Flujo de Calor Compensado (CHP) y Gradiente Promedio (AG) del Instituto de Agricultura Sostenible (IAS). Para controlar el bulbo húmedo y las posibles pérdidas de agua por lixiviación se utilizarán los sensores de humedad 10-HS (METER GROUP). Las mediciones se tomarán cada 30 s, y las medias de 10 minutos serán registradas por un datalogger CR1000 (Campbell Scientific Inc., Logan, USA), conectado a un multiplexor AM16/32.

2.3 Medidas discretas

Se medirá de forma periódica el estado hídrico del cultivo, el intercambio gaseoso, el crecimiento vegetativo, la nutrición mineral, la producción y parámetros de calidad del fruto. Se tomarán imágenes con drones habilitados con cámara multispectral y térmica. También se medirá la aireación del suelo.

3. RESULTADOS ESPERADOS

El desarrollo de este trabajo permitirá optimizar la gestión del uso de aguas regeneradas en el riego, minimizando los efectos negativos que la baja calidad agronómica de estas aguas puede generar a nivel fisiológico y productivo. Se desarrollarán protocolos de actuación, basados en el empleo de ozono, nuevas tecnologías y sensores, que permitirán un uso eficiente del agua de riego

con aguas regeneradas. Dichos protocolos y sistemas serán testados y validados a nivel de demostración, antes de ser difundidos a los usuarios finales.

4. AGRADECIMIENTOS

Proyecto REUSAGUA. Gestión integrada de la regeneración y reutilización eficiente y segura de aguas residuales urbanas en la agricultura. Este trabajo ha sido financiado por la Consejería de Desarrollo Económico, Turismo y Empleo. Proyectos estratégicos contemplados en la Estrategia de Investigación e Innovación para la Especialización Inteligente de la Región de Murcia, RIS3Mur (2116SAE00165).

5. REFERENCIAS

- [1] Cosgrove, W.J., Rijsberman F.R., 2000. World Water Vision: Making Water Everybody's Business. London: Earthscan Publications.
- [2] Iglesias Esteban, R., Ortega de Miguel, E., 2008. Present and future of wastewater reuse in Spain. *Desalination*, 218(1-3), 105-119.
- [3] Asano, T., Burton, F.L., Leverenz, H.L., Tsuchihashi, R., Tchobanoglous, G., 2006. Agricultural irrigation with reclaimed water: on overview. In: Asano, T. (Ed.), *Water Reuse. Issues, Technologies and Applications*. Metcalf & Eddy/AECOM. McGraw Hill, New York.
- [4] Koivunen, J., Siitonen, A., Heinonen-Tanski, H., 2003. Elimination of enteric bacteria in biological-chemical wastewater treatment and tertiary filtration units. *Water Res.* 37, 690-698.
- [5] Rajala, R.L., Pulkkanen, M., Pessi, M., Heinonen-Tanski, H., 2003. Removal of microbes from municipal wastewater effluent by rapid sand filtration and subsequent UV irradiation. *Water Sci. Technol.* 47 (3), 157-162
- [6] Pedrero, F., Kalavrouziotis, I., Alarcón, J. J., Koukoulakis, P., Asano, T., 2010. Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture—Review of some practices in Spain and Greece. *Agr. Water Manage.*, 97(9), 1233-1241.
- [7] Assouline, S., Narkis, K., 2013. Effects of long-term irrigation with treated wastewater on the root zone environment. *Vadose Zone J.*, 12(2),0.
- [8] Poysa, V.W., Tan, C.S., Stone, J.A., 1987. Flooding stress and the root development of several tomato genotypes. *Hort Sci* 1987, 22:24-6.
- [9] Gerrity, D., Snyder, S., 2011. Review of Ozone for Water Reuse Applications: Toxicity, Regulations, and Trace Organic Contaminant Oxidation. *Ozone Sci. Eng.*, 33(4), 253-266.
- [10] Kim, I., Yamashita, N., Tanaka, H., 2009. Performance of UV and UV/H₂O₂ processes for the removal of pharmaceuticals detected in secondary effluent of a sewage treatment plant in Japan. *J. Hazard. Mater.* 166, 1134-1140.
- [11] Bhattarai, S., Pendergast, L., and Midmore, D. J. 2005a. Oxygation of subsurface drip irrigated tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) improves yield performance, tolerance to salinity and water use efficiency in normal and saline heavy clay soil. *Sci. Hortic.*
- [12] Kim, I., Yamashita, N., Tanaka, H., 2009. Performance of UV and UV/H₂O₂ processes for the removal of pharmaceuticals detected in secondary effluent of a sewage treatment plant in Japan. *J. Hazard. Mater.* 166, 1134-1140.
- [13] Bhattarai, S. P., and Midmore, D. J. 2004. Oxygation of rhizosphere with subsurface aerated irrigation water improves lint yield and performance of cotton on saline heavy clay soil. In "4th International Crop Science Congress," Brisbane, Australia.
- [14] Letey, J., 1961. Aeration, compaction and drainage. *Calif. Turf Grass Culture* 11,17-21.
- [15] Kim, I., Yamashita, N., Tanaka, H., 2009. Performance of UV and UV/H₂O₂ processes for the removal of pharmaceuticals detected in secondary effluent of a sewage treatment plant in Japan. *J. Hazard. Mater.* 166, 1134-1140.
- [16] Zhang, N., Wang, M., Wang, N., 2002. Precision agriculture—a worldwide overview. *Comput. Electron. Agric.* 36, 113-132.