

EL AGUA OZONIZADA Y LA NUTRICIÓN EN UN CULTIVO DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum*)

OZONATED WATER AND NUTRITION IN A TOMATO CROP (*Lycopersicon esculentum*)

López-Calderón C.J.C.^{1*}, Núñez B. J. R.², Castro B. C.³, Leana A. J. L.³, Romero M. M.³

¹Programa educativo de Agrobiotecnología de la Universidad tecnológica de Izúcar de Matamoros

²INTERKARSE S.P.R.L. de R.L. carretera Tenango a San Antonio km1 Tenango, Jantetelco, Morelos.

³Programa educativo de Agricultura Sustentable y Protegida de la Universidad tecnológica de Izúcar de Matamoros

Prolongación Reforma 168 Barrio de Santiago Mihuacán C.P. 74420 Izúcar de Matamoros Puebla.
Teléfono: (+52) 243 43 6 38 96.

*Autor de correspondencia: utimLopez@hotmail.com

Recibido: 30/octubre/2023

Aceptado: 11/enero/2024

RESUMEN

El agua potable en su estado líquido, tiene pequeñas cantidades de oxígeno gaseoso disuelto, moléculas de dos átomos de oxígeno (O₂). Cuando al agua se le inyecta ozono con la ayuda de un ozonizador, hablamos de agua ozonizada, y contiene moléculas de tres átomos de oxígeno (O₃), disueltas en su estado líquido. Esta agua tiene la propiedad de eliminar compuestos orgánicos e inorgánicos reduciendo el olor, color, sabor y turbidez, por lo cual se utiliza en la recuperación de aguas residuales. En este trabajo se utilizó el agua residual de un invernadero de jitomate, se trató con un ozonizador industrial y se usó nuevamente en el riego de plantas de jitomate a una concentración de una parte por millón (ppm) de O₃. El objetivo de este trabajo fue valorar la incidencia del agua ozonizada (OW) en la absorción de nutrientes por análisis de extracto celular de peciolo, se evaluó la variación de nutrientes en el sustrato y el desarrollo radicular de plantas de jitomate. Se observó en los resultados una mayor presencia de nutrientes en la savia de plantas que recibieron el riego con agua

ozonizada. Al realizar los análisis en el sustrato, al que se le aplicó agua ozonizada al drench, se observó menor presencia de sales. El pH de los sustratos en todos los tratamientos siempre se mantuvo en rangos aceptables.

Palabras clave: nutrición vegetal, aguas residuales, riego al drench.

ABSTRACT

Drinking water in its liquid state has small amounts of dissolved oxygen gas, molecules of two oxygen atoms (O_2). When ozone is injected into water with the help of an ozonator, we speak of ozonated water, and it contains molecules of three oxygen atoms (O_3), dissolved in its liquid state. This water has the property of eliminating organic and inorganic compounds, reducing odor, color, taste and turbidity, which is why it is used in wastewater recovery. In this work, wastewater from a tomato greenhouse was used, treated with an industrial ozonator and used again to irrigate tomato plants at a concentration of one part per million (ppm) of O_3 . The objective of this work was to assess the incidence of ozonated water (OW) on nutrient absorption by analysis of petiole cell extract, the variation of nutrients in the substrate and the root development of tomato plants was evaluated. The results observed a greater presence of nutrients in the sap of plants that received irrigation with ozonated water. When carrying out the analyzes on the substrate, to which ozonated water was applied to the drench, a lower presence of salts was observed. The pH of the substrates in all treatments was always maintained within acceptable ranges.

Keywords: plant nutrition, wastewater, drench irrigation.

INTRODUCCIÓN

El ozono en medios acuosos u orgánicos produce especies reactivas de oxígeno (EROs) (superóxido O_2^-), peróxido de hidrógeno (H_2O_2) e hidroxilo (OH^\cdot), entre otras, las cuales participan en varias rutas metabólicas. El ozono disuelto en el agua tiene una capacidad reactiva y no produce residuos peligrosos (Remondino, M., y Valdenassi, L. 2018). Sharaf-Eldin y colaboradores (2022) demostraron que el OW es muy eficaz por su poder

desinfectante, por sus propiedades biocidas y por la capacidad de inducir en las plantas la activación de procesos bioquímicos asociados con la respuesta de resistencia a microorganismos fitopatógenos.

Las EROs pueden provocar daños irreversibles si se aplican en altas concentraciones, pero también pueden tener efectos beneficiosos si se usan en concentraciones adecuadas (Díaz et al., 2022).

Una de las aplicaciones más importantes del ozono, es la inyección en el agua para recuperar aguas residuales (Remondino et al., 2018). En un invernadero, al regar las plantas o al realizar lavados en el sustrato, el agua que escurre de los contenedores es recolectada y enviada a depósitos, esta agua ya no se usa en el cultivo porque al pasar por el sustrato arrastra sales y microorganismos que pueden dañar o enfermar a la planta si son regresados al sistema de riego (Mielcarek et al., 2019). Späth y colaboradores (2022) aplicaron ozono en aguas residuales, el caudal promedio que trataron fue de 13 000 m³/día. El primer paso fue mediante el cribado, eliminación de arena y sedimentación, posteriormente el agua se dirigió a un proceso de lodos activados con nitrificación, desnitrificación y eliminación biológica mejorada de fósforo. El agua fue tratada en una planta piloto con mezclador estático para inyección de ozono, y un tiempo de retención hidráulica de 11 minutos, a una dosis de ozono de 4.9 ± 0.1 g O₃/m³. Con este tratamiento lograron una disminución del 67 por ciento de las moléculas contaminantes en el agua.

El agua ozonizada aplicada de manera foliar es una alternativa para la reducción de contagios por patógenos y enfermedades, Fujiwara y colaboradores (2011) emplearon un generador de agua ozonizada (Do-0100BESTA; Shinko Plant Engineering & Construction Co. Ltd., Japan) calibrado a una concentración de 4.0 a 8.0 mg L⁻¹. Realizaron aplicaciones de 15 mL por planta 6 veces en 3 días sucesivos en plántulas de melón (*Cucumis melo* L. 'Andes'), tomate (*Lycopersicon esculentum* M. 'Momotaro-York'), sandía (*Citrullus lanatus* M. 'Fujikou'), pepino (*Cucumis sativus* L. 'Sharp 1'), pimiento verde (*Capsicum annuum* L. 'Kyouunami'), y berenjena (*Solanum melongena* L. 'Senryo-nigou'). Evaluaron el daño que podía causar el agua ozonizada en las hojas de las plantas. Cada hoja fue inspeccionada cuidadosamente y no encontraron lesiones visibles (coloración amarillenta, clorosis, necrosis o malformación) determinaron que no se habían producido o desarrollado lesiones visibles después de la

pulverización, que es poco probable que el agua ozonizada cause daños visibles siempre que se rocíe con las concentraciones adecuadas y en un invernadero bien ventilado.

El agua ozonizada al ser aplicada de manera foliar puede controlar enfermedades, Fujiwara y colaboradores (2002) la usaron a una concentración de ozono de 4.0 mg L^{-1} , encontraron que puede suprimir la propagación de la infección por mildiú en el pepino y mantener el nivel de gravedad inicial. Los resultados indicaron que el agua ozonizada puede ser al menos una alternativa parcial a los fungicidas. Sin embargo, un seguimiento y estudios a largo plazo en el cultivo de pepino y de otras plantas quedan por realizar, para aumentar la eficacia y el control de enfermedades.

Al aplicar agua ozonizada con micro aspersores aéreos, en un cultivo de sandía, en concentraciones de 0.35 ppm a 0.4 ppm de O_3 , Martínez y Aguayo (2020) observaron variaciones positivas en los parámetros de fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración foliar. Observaron un aumento en el contenido fenólico total (TPC) durante el desarrollo de plántulas. El agua ozonizada redujo la acumulación de Boro (B) en las hojas y mejoró el estado antioxidante de las plántulas de sandía injertada.

Veronico y colaboradores (2016) determinaron que el ozono acuoso puede ser eficaz en el control del nemátodo inductor de agallas. También observaron que después de la aplicación se redujo significativamente la tasa de infección y se generaron altos niveles de especies reactivas de oxígeno, como H_2O_2 y malondialdehído en las agallas.

Peykanpour y colaboradores (2016) realizaron un experimento para investigar los efectos del estrés salino y el ozono en el rendimiento de un cultivo de pepino. Los tratamientos se definieron mediante un diseño bifactorial de tres niveles de salinidad del agua de riego (2, 4 y 6 dS/m) y tres concentraciones de ozono (0, 0.5 y 1 ppm). Las plantas de pepino se cultivaron en macetas que contenían suelo, turba de coco y perlita, se alimentaron con solución de Hoagland. Los resultados mostraron que la salinidad del agua de riego redujo significativamente el rendimiento de los frutos. Mientras que el agua ozonizada aumentó el número de frutos, pero no tuvo efecto significativo en el peso de los mismos. Generalmente, el uso de riego con agua ozonizada puede inducir un efecto positivo en el pepino bajo estrés salino.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto fisiológico de agua ozonizada aplicada de manera foliar y al drench en cultivo de jitomate bajo invernadero, así como observar la variación de los nutrientes en el sustrato y observar el desarrollo de la raíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar del experimento

El trabajo experimental se desarrolló en las instalaciones de un invernadero, ubicado en la región sur del estado de Puebla, a 20 kilómetros al noreste de la ciudad de Izúcar de Matamoros, en una comunidad perteneciente al municipio de Tlapanalá denominada Santa Catarina Coatepec.

Material experimental

El experimento se realizó en plantas de jitomate de la variedad saladette injertada con variedad productiva Macizo.

Condiciones de cultivo

El establecimiento de las plantas se realizó la penúltima semana de diciembre y el experimento inició con las aplicaciones del agua ozonizada la segunda semana de febrero cuando inició el primer amarre de fruto. Se realizaron dos aplicaciones diarias a partir de la segunda semana de febrero y hasta la tercera semana de marzo. La primera aplicación se llevó a cabo a las siete de la mañana antes de iniciar los riegos de forma programada; la segunda, alrededor de las cinco de la tarde después del último riego programado. La toma de datos se realizó a partir de la primera semana de marzo cuando inició el crecimiento del fruto. Se realizaron tres muestreos cada siete días hasta el inicio de la cosecha que fue en el día 87 del cultivo.

Todas las plantas en el invernadero fueron cultivadas bajo las mismas dosis de fertilización, recibieron la misma cantidad de agua para su riego, como sustrato se utilizó fibra de coco comercial, a todo el cultivo se le aplicaron los mismos controles fitosanitarios, todas las plantas recibían las mismas atenciones.

El invernadero tuvo una extensión de 200 m², se seleccionaron en total 60 plantas con las mismas características, estas se dividieron en cuatro tratamientos de 15 plantas cada uno, se sortearon para que fueran ubicados e identificados dentro del área productiva. Se determinaron de la siguiente manera: el tratamiento 1 se ubicó en el primer cuadrante lado norte, el tratamiento 2 se ubicó en el segundo cuadrante lado sur, el tratamiento 3 se ubicó en el tercer cuadrante lado norte y el testigo que es el tratamiento 0 se ubicó en el segundo cuadrante lado norte.

Determinación de la concentración de ozono en el agua empleada en el experimento

Respecto al uso del agua ozonizada, el agua utilizada para regar las plantas es agua potable. Al aplicar agua ozonizada solo se usan de 5 a 1000 mL al día por planta, dependiendo si se aplica de manera foliar o al drench, y dependiendo del tamaño de la planta, si es una plántula o una planta en la etapa productiva (2 metros de altura). Si las aplicaciones son de 1000 mL al drench, esta no es solo una vez al día, sino que esos 1000 mL se dosifican en el sustrato en varias aplicaciones, por ejemplo 5 aplicaciones de 200 mL.

Para determinar la concentración de ozono se utilizó un equipo Ultra medidor II 6PFC^E de la marca Myron. Se evaluaron cuatro concentraciones de agua ozonizada: 0.25 ppm, 0.5 ppm, 0.75 ppm y 1 ppm. Se utilizó una mochila aspersora de motor para las aplicaciones. El invernadero se dividió en cuatro secciones, a cada una se la aplicó una concentración diferente, la aplicación fue de manera foliar. Se evaluó de manera visual si alguna de las concentraciones causó algún daño físico en la hoja y se determinó que ninguna de las concentraciones causó daño alguno en las plantas, por ello se decidió aplicar la concentración más alta que en este caso fue de 1 ppm para todos los tratamientos.

Tratamientos

El tratamiento 1 fue de dos aplicaciones al día de 500 mL de agua ozonizada, a cada planta al drench, el tratamiento 2 consistió en dos aplicaciones al día de 200 mL de agua ozonizada, pero de manera foliar, el tratamiento 3 consistió en dos aplicaciones al día, una de 500 mL al drench y otra de 200 mL de manera foliar, el tratamiento 0 fueron plantas control a las que no se les aplicó agua ozonizada.

Asimilación de nutrientes en peciolo

Para realizar estas mediciones se utilizó la técnica del análisis de extracto celular de peciolo (ECP). Se realizó la colecta de muestras cortando la quinta hoja debajo del ápice de cada planta asegurando desinfectar las tijeras de poda entre una acción y otra, se lavaron las muestras con agua destilada, se separaron los peciolo de los folíolos de todas las muestras, una vez separados se desecharon los folíolos y los peciolo se cortaron en trozos pequeños, se colocaron en un recipiente y se molieron con un batidor manual, los peciolo ya molidos se colocaron en un exprimidor para obtener el jugo para el análisis, el jugo producto de cada muestra se colecta en contenedores y se rotularon para su análisis. De cada contenedor se tomaron 4 muestras del jugo y se colocaron en 4 medidores: Ionómetro Sodio LAQUAtwin Na-11, Ionómetro Nitrato LAQUAtwin NO₃-11, Ionómetro Potasio LAQUAtwin K-11, Ionómetro Calcio LAQUAtwin Ca-11, cada uno de ellos mide de manera específica la concentración de Na, NO₃, K y Ca en ppm.

Concentración de nutrientes en el sustrato

Para determinar la cantidad de nutrientes que se concentran en el sustrato se extrajeron porciones de éste a una profundidad de por lo menos diez centímetros debajo de la superficie de las macetas que conforman cada tratamiento, el lixiviado se exprimió, se guardó y se etiquetó en los contenedores respectivos, Para determinar la concentración de Na, NO₃, K y Ca se colocaron porciones de cada muestra en los medidores: Ionómetro Sodio LAQUAtwin Na-11, Ionómetro Nitrato LAQUAtwin NO₃-11, Ionómetro Potasio LAQUAtwin K-11, Ionómetro Calcio LAQUAtwin Ca-11, respectivamente.

Salinidad en el sustrato.

Para determinar las condiciones de salinidad en el sustrato se utilizó el equipo Ultramedidor II 6PFC^E de la marca Myron. Además de la medición de la conductividad eléctrica también se utilizó este equipo para la medición del pH.

Desarrollo de la raíz.

Para evaluar este parámetro solo se observó el desarrollo de la raíz de manera visual y se le tomaron fotografías, en el día 86 del experimento. Se retiró parcialmente la bolsa que funciona como maceta para capturar imagen de la raíz en cada tratamiento, empezando por la vista de frente, una vez capturada la imagen, la maceta se volteó para obtener una captura de la base.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados utilizando la estadística descriptiva, usando el Excel de Microsoft Office, se promediaron los datos de cada una de las variables correspondientes a cada muestreo realizado. Se graficaron los promedios y sus desviaciones estándar con respecto al tiempo en que fueron tomadas las muestras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

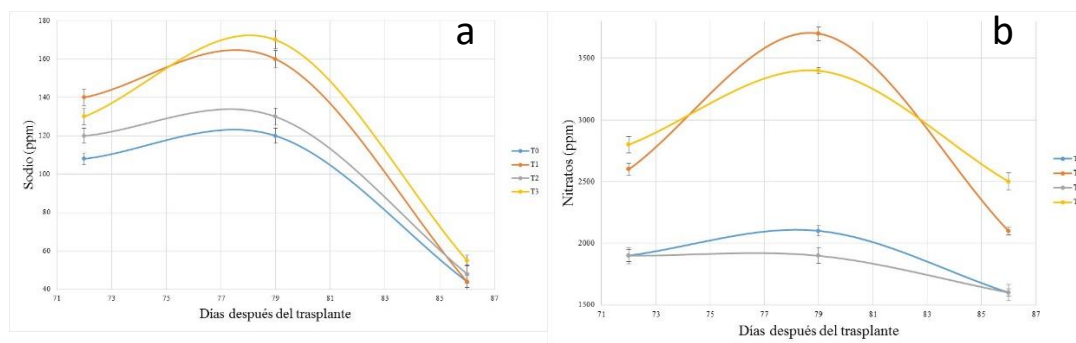
Asimilación de nutrientes en peciolo

En el caso de la asimilación de nutrientes se observa que las plantas que recibieron el agua ozonizada al drench mostraron una mayor concentración de nutrientes en el peciolo a comparación del tratamiento T0 y T2, a los que se les aplicó el agua ozonizada de manera foliar.

El sodio (Na) actúa sobre el crecimiento, el rendimiento, los nutrientes y la composición del ácido cítrico del fruto del tomate, además mejora el contenido de agua en el fruto del tomate (Idowu y Aduayi, 2007). Como podemos ver en la figura 1a, el contenido de sodio en el jugo del peciolo disminuye conforme la flor y el fruto se van desarrollando.

El nitrógeno es el nutriente más limitante para el crecimiento del tomate y se requiere en gran cantidad para una producción óptima, en la figura 1b observamos que los tratamientos que recibieron el agua ozonizada al drench presentan las mayores concentraciones de nitratos.

Figura 1. a) Variación de las concentraciones de sodio, con respecto al tiempo, en el jugo del peciolo de plantas de jitomate, bajo diferentes aplicaciones de agua ozonizada, b) Variación de las concentraciones de nitratos, con respecto al tiempo, en el jugo del peciolo de plantas de jitomate, bajo diferentes aplicaciones de agua ozonizada.



Fuente: elaboración propia.

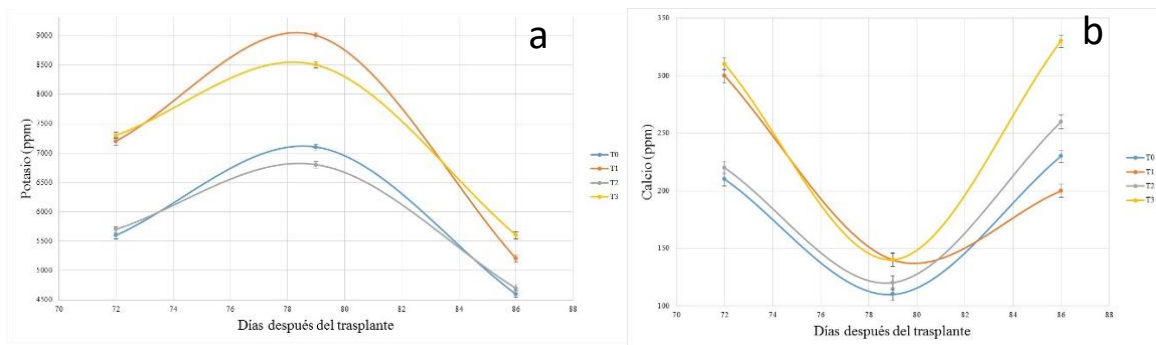
En otro estudio dirigido por Díaz (2022) se analizó el nitrógeno contenido en las hojas de una planta de jitomate al ser regada con agua ozonizada de manera intermitente y determinaron un incremento en el nitrógeno al comparar con el testigo, lo que consideraron alentador ya que este nutriente forma parte de las proteínas y aminoácidos esenciales en una planta.

El tomate absorbe el potasio en gran cantidad. Como podemos observar en la figura 2a, la concentración de K en el tomate es mayor que la concentración de otros nutrientes, el potasio ayuda al crecimiento vigoroso del tomate, estimula la floración temprana y el cuajado de los frutos, aumentando así el número y la producción de tomates por planta. El potasio es necesario en el movimiento estomático para la regulación del agua en la planta. Ayuda a activar las enzimas y es necesario para el metabolismo de los carbohidratos, la translocación, el metabolismo del nitrógeno, la síntesis de proteínas, y la regulación de la concentración de savia. (Woldemariam et al., 2018).

El tomate también necesita Ca en gran cantidad, como podemos ver en la figura 2b, su concentración es menor que la de los nitratos y el potasio, pues su exceso puede provocar una deficiencia de micronutrientes, como Fe y Mn, provocando un trastorno, llamado “pudrición de la punta de la flor”, en los frutos del tomate (Sajid, M. 2020).

El Ca abundante en las hojas puede deberse a la formación de pectato de calcio en la laminilla media de la pared celular. Como el calcio no es móvil en el floema, no puede ser translocado desde los tejidos viejos a tejidos jóvenes. El Ca interviene en los mecanismos reguladores que permiten a la planta producir ajustes en condiciones adversas como altas temperaturas, frío, estrés hídrico y salinidad. (Habbasha y Ibrahim, 2015)

Figura 2. a) Variación de las concentraciones de potasio, con respecto al tiempo, en el jugo del peciolo de plantas de jitomate, bajo diferentes aplicaciones de agua ozonizada, b) Variación de las concentraciones de calcio, con respecto al tiempo, en el jugo del peciolo de plantas de jitomate, bajo diferentes aplicaciones de agua ozonizada.



Fuente: elaboración propia

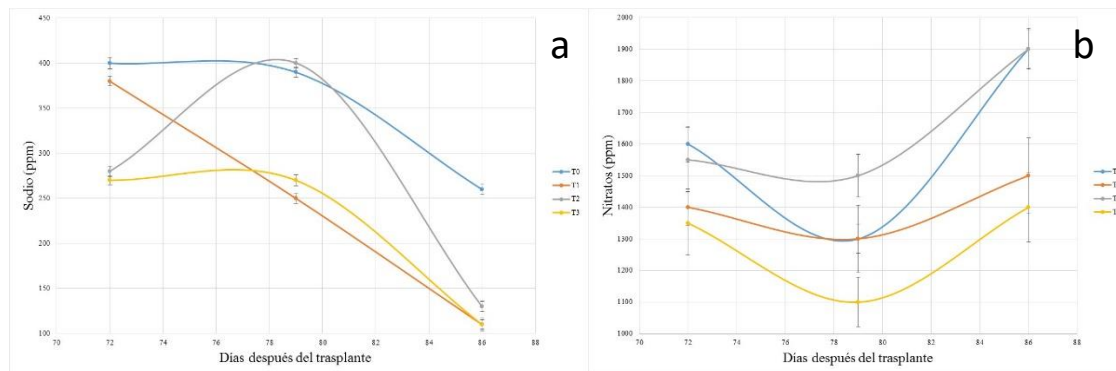
Concentración de nutrientes en el sustrato

En los sustratos que recibieron el agua ozonizada al drench (T1 y T3) se observó una disminución en la concentración de sales, lo cual es favorable para el desarrollo de la planta. El sodio interfiere con la absorción de calcio y magnesio, lo que crea colapsos celulares y necrosis del borde de la hoja. El sodio puede resultar perjudicial en la recirculación de la solución nutritiva, ya que la absorción de las plantas suele ser baja, lo que produce una rápida acumulación en la superficie de la raíz (Klados, y Tzortzakakis, 2014). En la figura 3a observamos que los tratamientos (T1 y T3) a los que se les aplicó agua ozonizada al drench, tienen una menor concentración de sodio.

Las raíces de las plantas toman el nitrógeno en su forma de NO_3 y NH_4 , una vez absorbido por las raíces, el nitrato se almacena en la vacuola o se reduce a nitrito mediante la nitrato reductasa. El nitrito ingresa al leucoplasto (plastidio presente en la raíz) y luego se reduce a amoníaco mediante la nitrito reductasa (Crawford, N. M. 1995). En la figura 3b se observa

la disminución de la concentración de nitratos en los tratamientos en donde se aplicó agua ozonizada al drench.

Figura 3. a) Variación de las concentraciones de sodio, con respecto al tiempo, en el sustrato de fibra de coco, bajo diferentes aplicaciones de agua ozonizada, b) Variación de las concentraciones de nitrato, con respecto al tiempo, en el sustrato de fibra de coco, bajo diferentes aplicaciones de agua ozonizada.



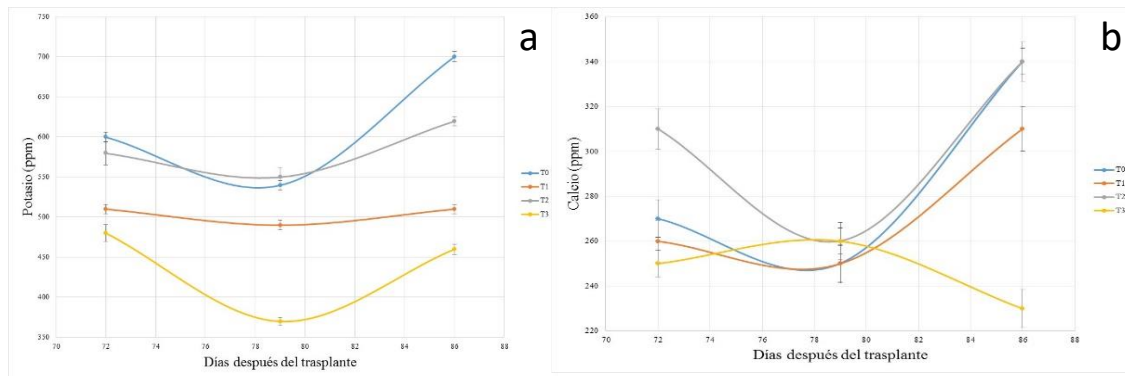
Fuente: elaboración propia.

Muchos investigadores consideran que el potasio ocupa el segundo lugar después del nitrógeno en importancia para el crecimiento de las plantas. El potasio cumple con varias funciones en las plantas, sirve como catalizador, en la actividad estomática, en la fotosíntesis, como transportador de energía y en la síntesis de proteínas. (Koch et al., 2019)

En la figura 4a podemos observar que las concentraciones de potasio en el sustrato son menores en los tratamientos que recibieron agua ozonizada al drench.

El calcio, es absorbido por la raíz como Ca_2^+ , es un elemento esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas y es importante en la resistencia a enfermedades, desempeña importantes funciones bioquímicas y apoya muchos procesos metabólicos, además de activar varios sistemas enzimáticos, por lo que contribuye al correcto desarrollo de las plantas. (Habbasha y Ibrahim, 2015). En la figura 4b, se observa que al pasar el tiempo la concentración de Ca en el sustrato se va incrementando.

Figura 4. a) Variación de las concentraciones de potasio, con respecto al tiempo, en el sustrato de fibra de coco, bajo diferentes aplicaciones de agua ozonizada, b) Variación de las concentraciones de calcio, con respecto al tiempo, en el sustrato de fibra de coco, bajo diferentes aplicaciones de agua ozonizada.

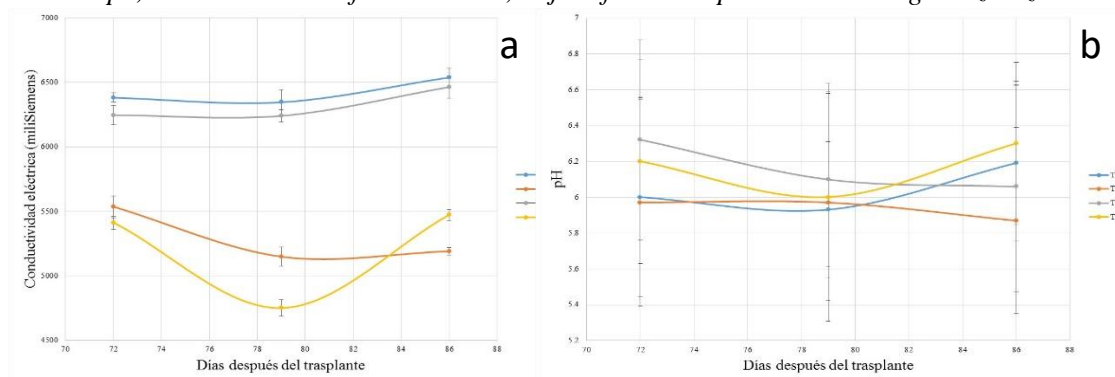


Fuente: elaboración propia.

Salinidad en el sustrato

Cuando usamos fertilizantes granulados o solubles, la salinidad en el sustrato va en aumento y es necesario realizar lavados para disminuir la conductividad eléctrica, los 4 tratamientos recibieron el mismo lavado en su sustrato (figura 5a), al emplear agua ozonizada al drench sobre el sustrato los niveles de conductividad eléctrica bajan.

Figura 5. a) Variación de la conductividad eléctrica, con respecto al tiempo, en el sustrato de fibra de coco, bajo diferentes aplicaciones de agua ozonizada, b) Variación del pH, con respecto al tiempo, en el sustrato de fibra de coco, bajo diferentes aplicaciones de agua ozonizada.



Fuente: elaboración propia.

Las raíces de las plantas y las partículas del suelo tienen superficies de carga variable. Esto influye en la disponibilidad de los nutrientes, pero en direcciones opuestas. El pH de la solución nutritiva y el tipo de sustrato utilizado ejercen una influencia en la altura y el rendimiento de la planta. El pH de la solución nutritiva en el rango de 4,5 a 6,0 no ejerce una

influencia significativa sobre el valor nutricional de los frutos (Dyško et al., 2009). Como podemos observar en la figura 5b el pH de los 4 tratamientos siempre se mantuvo en un rango aceptable.

Desarrollo de la raíz

En el día 86 se observó el desarrollo radicular de las plantas en cada tratamiento, no se encontraron diferencias visuales significativas en las plantas que solo recibieron la aplicación de agua ozonizada de manera foliar. Al evaluar el desarrollo de las raíces en los tratamientos que recibieron el agua ozonizada a una concentración de 1 ppm, al drench, se observó de manera visual un mejor desarrollo de la raíz (figura 6). Se obtuvieron resultados muy similares a los realizados por Martínez y colaboradores (2019) en donde observaron una mayor generación de raíces secundarias (0.5 y 3 ppm de OW), cabe destacar que al monitorear el desarrollo de la planta a concentraciones de 10 ppm de OW, los parámetros de crecimiento describieron un efecto negativo.

Figura 6. Desarrollo de la raíz en plantas de jitomate después de 86 días del trasplante (a los tratamientos T0 y T2 no se les aplicó agua ozonizada en la raíz, los tratamientos T1 y T3 recibieron 2 aplicaciones al día de 500 mL de agua ozonizada al drench)



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

Al aplicar agua ozonizada al drench, en un sustrato de fibra de coco, a una concentración de 1 ppm de O₃, observamos un incremento de los nutrientes en el jugo del peciolo. El sustrato bajo estas mismas condiciones presentó un menor contenido en sales. El pH en el sustrato se

mantuvo en los rangos adecuados y se observó un aumento en el número de raíces secundarias generadas por la planta de jitomate.

Sin embargo, la respuesta a este tratamiento dependerá de los diferentes factores ambientales, del tipo de variedad y cultivar. Además, son necesarios más estudios para demostrar estos efectos.

REFERENCIAS

Díaz-López, M., Siles, J., Ros, C., Bastida, F., & Nicolás, E. N. (2022). The effects of ozone treatments on the agro-physiological parameters of tomato plants and the soil microbial community. *Science of The Total Environment*, 812, 151429, 1-10.

Dyśko, J., Kowalczyk, W., & Kaniszewski, S. (2009). The influence of pH of nutrient solution on yield and nutritional status of tomato plants grown in Soilless culture system. *Journal of fruit and ornamental plant research*, 70(1), 59-69.

Crawford, N. M. (1995). Nitrate: nutrient and signal for plant growth. *The Plant Cell*, 7(7), 859-868.

Flores, P., Hernández, V., Fenoll, J., & Hellín, P. (2019a). Pre-harvest application of ozonated water on broccoli crops: Effect on head quality. *Journal of Food Composition and Analysis*, 83, 103260.

Fujiwara, K., & Fujii, T. (2002). Effects of spraying ozonated water on the severity of powdery mildew infection on cucumber leaves. *Ozone-science & Engineering*, 24(6), 463-469.

Fujiwara, K., Hayashi, Y., & Park, J. (2011). Spraying ozonated water under Well-Ventilated Conditions does not cause any visible injury to Fruit-Vegetable seedlings. *Ozone-science & Engineering*, 33(2), 179-182.

Habbasha, E., & Ibrahim, F. M. (2015). Calcium: Physiological Function, Deficiency and Absorption. *International Journal of ChemTech Research*, 8(12), 196-202.

Idowu, M. K., & Aduayi, E. A. (2007). Sodium-potassium interaction on growth, yield and quality of tomato in ultisol. *Journal of Plant Interactions*, 2(4), 263-271.

Klados, E., & Tzortzakis, N. (2014). Effects of substrate and salinity in hydroponically grown cichorium spinosum. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, ahead, 0.

- Koch, M., Naumann, M., Pawelzik, E., Gransee, A., & Thiel, H. (2019). The importance of Nutrient management for potato production Part I: Plant nutrition and yield. *Potato Research*, 63(1), 97-119.
- Martínez-Sánchez, A., & Aguayo, E. (2019). Effect of irrigation with ozonated water on the quality of capsicum seedlings grown in the nursery. *Agricultural Water Management*, 221, 547-555.
- Martínez-Sánchez, A., & Aguayo, E. (2020b). Effects of ozonated water irrigation on the quality of grafted watermelon seedlings. *Scientia Horticulturae*, 261, 109047.
- Mielcarek, A., Rodziewicz, J., Janczukowicz, W., & Dobrowolski, A. (2019). Analysis of wastewater generated in greenhouse soilless tomato cultivation in Central Europe. *Water*, 11(12), 2538, 1-10.
- Peykanpour, E., Am, G., Fallahzade, J., & Najarian, M. (2016). Interactive effects of salinity and ozonated water on yield components of cucumber. *Plant Soil and Environment*, 62(8), 361-366.
- Remondino, M., & Valdenassi, L. (2018). Different Uses of Ozone: Environmental and Corporate Sustainability. Literature review and case study. *Sustainability*, 10(12), 4783.
- Sharaf-Eldin, M., Alshallash, K. S., Alharbi, K., Alqahtani, M. M., Etman, A. A., Yassin, A. M., Azab, E. S., & El-Okkiah, S. A. F. (2022). Influence of seed soaking and foliar application using ozonated water on two sweet pepper hybrids under cold stress. *Sustainability*, 14(20), 13453.
- Sajid, M. (2020). Foliar application of calcium improves growth, yield and quality of tomato cultivars. *Pure and applied biology*, 9(1).
- Späth, J., Brodin, T., Falås, P., Niinipuu, M., Lindberg, R. H., Fick, J., & Nording, M. L. (2022). Effects of conventionally treated and ozonated wastewater on the damselfly larva oxylipidome in response to on-site exposure. *Chemosphere*, 309, 136604, 1-7.
- Veronico, P., Paciolla, C., Sasanelli, N., De Leonardis, S., & Melillo, M. T. (2016). Ozonated water reduces susceptibility in tomato plants to *Meloidogyne incognita* by the modulation of the antioxidant system. *Molecular Plant Pathology*, 18(4), 529-539.

Woldemariam, S. H., Lal, S., Zelelew, D. Z., & Solomon, M. T. (2018). Effect of potassium levels on productivity and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Journal of agricultural studies*, 5(4), 102.