

Agua electrolizada en el control de la peca bacteriana en el cultivo de jitomate variedad saladette (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Electrolyzed water in the control of bacterial freckle in the saladette variety tomato crop (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Lilia Mexicano Santoyo^{1*}, Tarsicio Medina Saavedra², Tania Patricia Castro Jácome³, Mariano Mendoza Elos¹, Edith Medina Lara².

¹División de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Roque. lilia_lasalle@hotmail.com*

²Departamento de Ingeniería Agroindustrial, División de Ciencias de la Salud e Ingenierías, Universidad de Guanajuato

³División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Tepic

Resumen

Pseudomonas syringae pv tomato provoca la peca bacteriana, causante de enfermedades en gran parte de las plantas de tomate, mermando su calidad y producción. En la actualidad se buscan alternativas de control para diversos patógenos, amigables con el medio ambiente siendo una alternativa prometedora el uso de agua electrolizada. El objetivo fue revisar el efecto del agua electrolizada en el control de la peca bacteriana en el cultivo de jitomate. Se aplicaron diferentes tratamientos (electrolizada reductora, agua electrolizada oxidante, como control positivo se tuvieron plantas tratadas con un bactericida comercial (Kasumin) y como control negativo plantas sin tratar) tanto preventivos como correctivos a plántulas de jitomate variedad saladette. A las 48 horas después de haber aplicado los tratamientos, las plantas fueron inoculadas con una suspensión de *Pseudomonas syringae* pv. tomato, específicamente la cepa PstDC3000. Llegada la etapa vegetativa se determinó: severidad de la enfermedad, diámetro de tallo, número de hojas y racimos. En el presente trabajo la menor severidad se obtuvo en plantas tratadas con agua oxidante, obteniendo resultados similares al utilizar Kasumin ($p < 0.05$), bactericida comercial ampliamente utilizado. La cantidad de hojas y racimos entre los tratamientos preventivos no presentó diferencias significativas con el control ($p < 0.05$). De acuerdo con los resultados obtenidos se puede concluir que el agua oxidante puede ser aplicada al cultivo ya que tiene el mismo efecto que Kasumin y se logra preservar la calidad del cultivo y su productividad.

Palabras clave: Agua electrolizada reductora, agua electrolizada oxidante, fitopatógeno.

Introducción

En todos los hábitats naturales, los cultivos están constantemente rodeados por un gran número de microorganismos, incluyendo patógenos potenciales. El cultivo de tomate puede ser susceptible a enfermedades como la peca bacteriana causada por *Pseudomonas syringae* pv tomato (Preston, 2000). Esta enfermedad afecta a los tallos, hojas y frutos de las plantas, reduciendo su calidad (Cunnac et al., 2009). En plántulas infectadas se ha reportado hasta una reducción del 75% de la producción (Elsharkawy et al., 2018).

En la agricultura se utilizan compuestos químicos para eliminar plagas y enfermedades en los cultivos (Carvalho, 2006). Sin embargo, estos compuestos dejan residuos, que pueden tardar muchos años en degradarse y, por lo tanto, se pueden encontrar acumulados en el suelo, agua y en los organismos vivos (Badgley et al., 2007; Gomiero, 2018), provocan la aparición de plagas resistentes a varias sustancias activas, ya que pierden su eficacia y crean la necesidad de aumentar las dosis aplicadas (Damalas, 2018). En este sentido, el agua electrolizada puede ser una alternativa a este tipo de químicos para el control de patógenos, debido a que ha mostrado tener actividad antimicrobiana en bacterias y hongos (Rahman et al., 2016). Existen estudios donde se ha demostrado su eficacia en el control de *Botrytis cinerea* (Guentzel et al., 2011) y *Colletotricum fructicola* (Vázquez et al., 2016) en plantas de fresa y *Gerbera Daysi* (Mueller et al., 2003). También se ha reportado que disminuye las poblaciones de *E. Coli* O157:H7 en lechuga y tomates frescos (Pangloli y Hung, 2011).



El agua electrolizada puede ser producida por electrólisis de soluciones diluidas de NaCl en una celda llamada celda de electrólisis (Rahman et al., 2016). Al final del proceso de electrólisis dos soluciones son generadas. En el ánodo es producida una solución ácida conocida como agua electrolizada ácida o agua electrolizada oxidante (Muller et al., 2003; Pangloli y Hung, 2011) con un pH de 2-3, un Eredox > 1100 mV y una concentración de cloro disponible de 10-90 ppm (Hao et al., 2011; Pangloli y Hung, 2011; Ovissipour et al., 2015). Mientras que en el cátodo es producida una solución alcalina llamada agua electrolizada alcalina o agua electrolizada reductora (Pangloli y Hung, 2011; Ovissipour et al., 2015; Shiroodi y Ovissipour 2018) con un pH de 10-13 y un Eredox de -800 a -900 mV (Al-Haq et al., 2005); Huang et al., 2008; Hao et al., 2011; Ovissipour et al., 2015). Por lo antes mencionado el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del agua electrolizada en el control de la peca bacteriana en el cultivo de jitomate.

Materiales y Métodos

Los experimentos fueron realizados en la Universidad de Guanajuato ubicado en el municipio de Salvatierra, Guanajuato, México, en el Departamento de Ingeniería Agroindustrial (Latitud 20° 12' 45.46" N / Longitud 100° 52' 31.15" O a 1771 m s. n. m.). La plántula utilizada durante los experimentos fue variedad saladette, genotipo Galilea. Se realizó el trasplante en el suelo y se aplicó agua electrolizada como tratamiento preventivo y correctivo durante la etapa vegetativa del cultivo. Los tratamientos se aplicaron de acuerdo con lo propuesto por Abbasi y Lazarovits en 2006 y fueron los siguientes: AER: Agua electrolizada reductora, AEO: Agua electrolizada oxidante, como control positivo se tuvieron plantas tratadas con un bactericida comercial (Kasumin) y como control negativo GST: plantas sin tratar. Se utilizaron bloques de 6 plantas por tratamiento y se realizaron tres repeticiones por cada uno de los tratamientos. A las 48 horas después de haber aplicado los tratamientos, las plantas fueron inoculadas con una suspensión de la bacteria PstDC3000 en el caso del tratamiento preventivo. En el caso de tratamiento correctivo, los tratamientos fueron aplicados 48 horas después de la inoculación con la suspensión bacteriana.

Durante la etapa vegetativa se determinó la severidad de la enfermedad se utilizando la escala propuesta por Aires *et al.* (2011). Además, se realizaron mediciones de las variables diámetro del tallo, número de hojas, altura y número de racimos. El análisis de los datos se realizó mediante una prueba no paramétrica de Kruska-Wallis, seguido de una prueba de Dunn's, utilizando el software Graph Pad Prism versión 8.

Resultados

En la Tabla 1 se muestran los valores de grosor del tallo (GT), número de hojas (NH) y número de racimos (NR) de plantas tratadas con AER, AEO y kasumin. En la tabla se puede observar el mayor grosor de tallo en las plantas tratadas con AER ($P > 0.05$), además, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de AEO, Kasumin y aquellas plantas sin tratar ($P < 0.05$). En cuanto al NH y NR, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($P < 0.05$).

En la Figura 1 se presenta el índice de severidad causado por PstDC3000 en las plantas de tomate, donde se puede observar que la menor severidad se obtuvo en aquellas plantas que fueron tratadas con AEO y Kasumin, de tal manera que no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre estos tratamientos ($P < 0.05$). Por otra parte, el mayor índice de severidad se obtuvo en aquellas plantas que no recibieron ningún tratamiento.

Durante la etapa vegetativa se determinó la severidad de la enfermedad se utilizando la escala propuesta por Aires *et al.* (2011). Además, se realizaron mediciones de las variables diámetro del tallo, número de hojas, altura y número de racimos. El análisis de los datos se realizó mediante una prueba no paramétrica de Kruska-Wallis, seguido de una prueba de Dunn's, utilizando el software Graph Pad Prism versión 8.



Tabla 1. Parámetros agronómicos (DT, NH y NR) en plantas de tomate tratadas con agua electrolizada como tratamiento preventivo y correctivo de la peca bacteriana ocasionada por *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* (PstDC3000).

Tratamiento	DT	NH	NR
Preventivo			
AEO	1.91 ± 0.12 ^{ab}	14.22 ± 1.08 ^a	6.78 ± 0.48 ^a
AER	2.07 ± 0.51 ^a	14.78 ± 0.51 ^a	6.50 ± 0.17 ^a
KASUMIN	1.74 ± 0.12 ^b	14.67 ± 0.88 ^a	7.39 ± 0.26 ^a
Control	1.72 ± 0.10 ^b	13.78 ± 0.25 ^a	7.22 ± 0.09 ^a
Curativo			
AEO	1.33 ± 0.02 ^a	9.28 ± 4.69 ^{ab}	6.28 ± 0.25 ^{ab}
AER	1.35 ± 0.04 ^a	15.56 ± 1.17 ^{ac}	6.78 ± 0.42 ^a
KASUMIN	1.45 ± 0.14 ^a	12.00 ± 1.97 ^b	6.33 ± 0.67 ^{ab}
Control	1.26 ± 0.24 ^a	13.72 ± 2.31 ^c	4.83 ± 0.88 ^b

Fuente: Elaboración propia

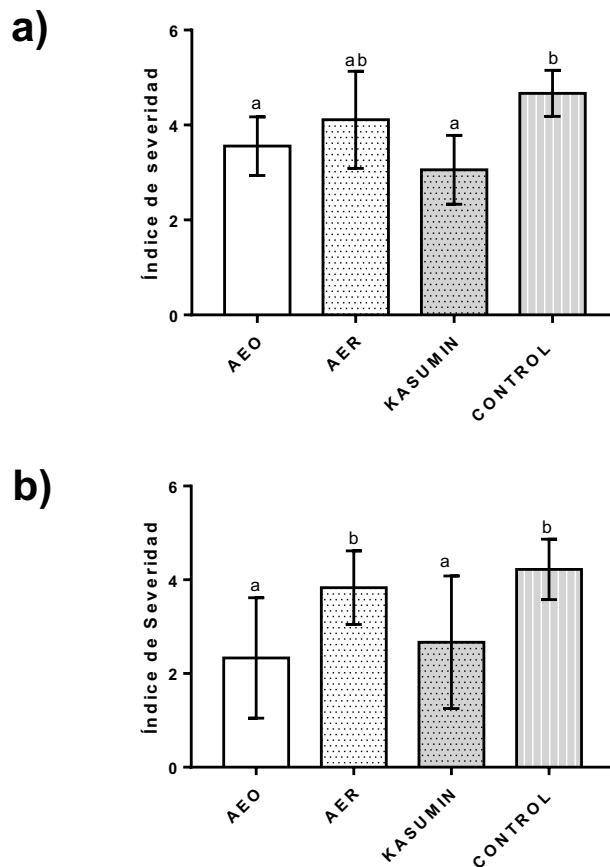


Figura 1. índice de Severidad causado por PstDC3000 en plantas tratadas con AEO, AER y Kasumin como a) tratamiento preventivo y b) Tratamiento correctivo.
 Fuente: Elaboración propia.



Hirayama *et al.* (2016) reportan una menor incidencia de *Colletotrichum fructicola* en las plantas tratadas con agua electrolizada (8.3%), en comparación con las plantas tratadas con un fungicida (27%) y las plantas control (85%). Morán-Díez *et al.* (2020) al evaluar el efecto de tres especies de *Trichoderma* como tratamiento preventivo de la peca bacteriana observaron que *Trichoderma* no es capaz de proteger a la planta ya que solo redujeron el 9.4% de las poblaciones de PstDC3000, siendo así que las plantas presentaron una alta severidad. En el presente trabajo la mayor severidad se observó en las plantas control y aquellas tratadas con AER (35-70% de las hojas infectadas). La menor severidad se obtuvo en plantas tratadas con AEO y Kasumin (15-30% de las hojas infectadas). De acuerdo con los resultados obtenidos se puede concluir que el AEO puede ser aplicado al cultivo ya que logró reducir la severidad en las plantas de la misma manera que el bactericida comercial Kasumin. Por otra parte, Geng *et al.* (2014) comentan que la producción de coronatina alcanza su nivel máximo a los 18°C y que su producción es mínima a los 30°C. De acuerdo a esto se sugiere que la severidad en la enfermedad en las plantas de tomate al aplicar el tratamiento correctivo fue menor debido a la temperatura ambiente que es mayor durante el ciclo primavera-verano en comparación con la severidad observada cuando se aplicaron los tratamientos preventivos, los cuales fueron aplicados en el ciclo otoño-invierno donde las temperaturas son más bajas y por lo tanto la bacteria pudo haber tenido mejores condiciones para crecer, reproducirse y producir la fitotoxina coronatina. Finalmente, se sugiere que la aplicación de agua electrolizada oxidante puede ser aplicado al cultivo de jitomate ya que como se pudo observar tiene un mejor efecto en el control de la peca bacteriana en comparación con la aplicación de otro tipo de tratamientos.

Conclusiones

La aplicación de agua electrolizada oxidante es una opción viable para el control de la enfermedad de la peca bacteria en el cultivo de tomate, ya que logró controlar la enfermedad de una manera similar al bactericida comercial Kasumin. Además, la aplicación de agua electrolizada no afecta el crecimiento del cultivo, ya que no se observaron diferencias significativas en el diámetro de tallo, número de hojas y número de racimos entre las plantas tratadas.

Referencias

- Abbasi, P. A.; Lazarovits, G. Effect of acidic electrolyzed water on the viability of bacterial and fungal plant pathogens and on bacterial spot disease of tomato. *Can. J. Microbiol.* 2006, 52(10), pp. 915–923. <https://doi.org/10.1139/w06-048>.
- Aires, A., Dias, C. S. P., Carvalho, R., Oliveira, M. H., Monteiro, A. A., Simões, M. V., ... Saavedra, M. J. (2011). Correlations between disease severity, glucosinolate profiles and total phenolics and *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* inoculation of different Brassicaceae. *Scientia Horticulturae*, 129(3), 503–510. doi: 10.1016/j.scienta.2011.04.009.
- Al-Haq, Muhammad Imran & SUGIYAMA, Junichi & ISOBE, Seiichiro. (2005). Review Applications of Electrolyzed Water in Agriculture & Food Industries. *Food Science and Technology Research*. 11. 10.3136/fstr.11.135. https://www.jstage.jst.go.jp/article/fstr/11/2/11_2_135/_article
- Badgley, C., Moghtader, J., Quintero, E., Zakem, E., Chappell, M. J., Avilés-Vázquez, K., . . . Perfecto, I. (2007). Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22(2), 86-108. doi:10.1017/S1742170507001640.
- Carvalho, F. P. (2006). Agriculture, pesticides, food security and food safety. *Environmental Science & Policy*, 9(7), 685-692. doi:10.1016/j.envsci.2006.08.002.
- Cunnac, S., Lindeberg, M., & Collmer, A. (2008;2009). *Pseudomonas syringae* type III secretion system effectors: Repertoires in search of functions. *Current Opinion in Microbiology*, 12(1), 53-60. doi:10.1016/j.mib.2008.12.003.
- Damalas, C. A. (2018). Pesticides in agriculture: Environmental and health risks. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 4, iv-v. doi:10.1016/j.coesh.2018.08.001.
- Elsharkawy, M., Derbalah, A., Hamza, A., & El-Shaer, A. (2018). Zinc oxide nanostructures as a control strategy of bacterial speck of tomato caused by *Pseudomonas syringae* in Egypt. *Environmental Science and Pollution Research*. doi:10.1007/s11356-018-3806-0.



- Geng, X., Jin, L., Shimada, M., Kim, M. G., & Mackey, D. (2014). The phytotoxin coronatine is a multifunctional component of the virulence armament of *Pseudomonas syringae*. *Planta*, 240(6), 1149–1165. doi: 10.1007/s00425-014-2151-x.
- Gomiero, T. (2018). Food quality assessment in organic vs. conventional agricultural produce: Findings and issues. *Applied Soil Ecology*, 123, 714-728. doi: 10.1016/j.apsoil.2017.10.014.
- Guentzel, J. L., Callan, M. A., Liang Lam, K., Emmons, S. A., & Dunham, V. L. (2011). Evaluation of electrolyzed oxidizing water for phytotoxic effects and pre-harvest management of gray mold disease on strawberry plants. *Crop Protection*. 30(10), 1274-1279. doi: 10.1016/j.cropro.2011.05.021.
- Hao, J., Wuyundalai, Liu, H., Chen, T., Zhou, Y., Su, Y., & Li, L. (2011). Reduction of pesticide residues on fresh vegetables with electrolyzed water treatment. *Journal of Food Science*. 76(4), C520-C524. doi: 10.1111/j.1750-3841.2011.02154. x.
- Hirayama, Y., Asano, S., Watanabe, K., Sakamoto, Y., Ozaki, M., Okayama, K., . . . Tojo, M. (2016). Control of *Colletotrichum fructicola* on strawberry with a foliar spray of neutral electrolyzed water through an overhead irrigation system. *Journal of General Plant Pathology*. 82(4), 186-189. doi: 10.1007/s10327-016-0667-6.
- Huang, Y., Hung, Y., Hsu, S., Huang, Y., & Hwang, D. (2008). Application of electrolyzed water in the food industry. *Food Control*, 19(4), 329-345. doi: 10.1016/j.foodcont.2007.08.012.
- Morán-Diez, M. E.; Tranque, E.; Bettiol, W.; Monte, E.; Hermosa, R. Differential Response of Tomato Plants to the Application of Three *Trichoderma* Species When Evaluating the Control of *Pseudomonas syringae* Populations. *Plants*. 2020, 9(5), pp. 626. doi:10.3390/plants9050626.
- Mueller, D. S., Hung, Y., Oetting, R. D., van Iersel, M. W., & Buck, J. W. (2003). Evaluation of electrolyzed oxidizing water for management of powdery mildew on gerbera daisy. *Plant Disease*. 87(8), 965-969. doi:10.1094/PDIS.2003.87.8.965.
- Ovissipour, M., Al-Qadiri, H. M., Sablani, S. S., Govindan, B. N., Al-Alami, N., & Rasco, B. (2015). Efficacy of acidic and alkaline electrolyzed water for inactivating *Escherichia coli* O104:H4, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter jejuni*, *Aeromonas hydrophila*, and *Vibrio parahaemolyticus* in cell suspensions. *Food Control*. 53, 117-123. doi: 10.1016/j.foodcont.2015.01.006.
- Pangloli, P., & Hung, Y. (2011). Efficacy of slightly acidic electrolyzed water in killing or Reducing *Escherichia coli* O157:H7 on iceberg lettuce and tomatoes under simulated food service operation conditions. *Journal of Food Science*. 76(6), M361-M366. doi:10.1111/j.1750-3841.2011.02219. x.
- Preston, G. M. (2000). *Pseudomonas syringae* pv. tomato: The right pathogen, of the right plant, at the right time. *Molecular Plant Pathology*, 1(5), 263-275. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20572973/>
- Rahman, S.M.E., Khan, I., Oh, D.-H., 2016. Electrolyzed water as a novel sanitizer in the food industry: current trends and future perspective. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 15, 471–490. <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1541-4337.12200>
- Shiroodi, S. G., & Ovissipour, M. (2018). Electrolyzed Water Application in Fresh Produce Sanitation. *Postharvest Disinfection of Fruits and Vegetables*, 67–89. doi:10.1016/b978-0-12-812698-1.00003-0.
- Vásquez L. A., Villarreal B. T., & Rodríguez O. G. (2016). Effectiveness of neutral electrolyzed water on incidence of fungal rot on tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Food Protection*. 79(10), 1802-1806. doi:10.4315/0362-028X.JFP-15-494.

