



¿PUEDE EL RIEGO MODULAR LA RESPUESTA MICROBIOLÓGICA DEL SUELO A NIVELES ELEVADOS DE OZONO TROPOSFÉRICO?

M. Navas¹, Bermejo-Bermejo V², I González-Fernández², J González-Canales¹, I. Mariscal-Sancho¹, A. Moliner¹, C. Hontoria¹

¹Dpto. Producción Agraria-Unidad de Edafología. E.T.S.I. Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB). Universidad Politécnica de Madrid (UPM). ²Departamento de Medio Ambiente. Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT). * javier.gcanales@upm.es

Introducción

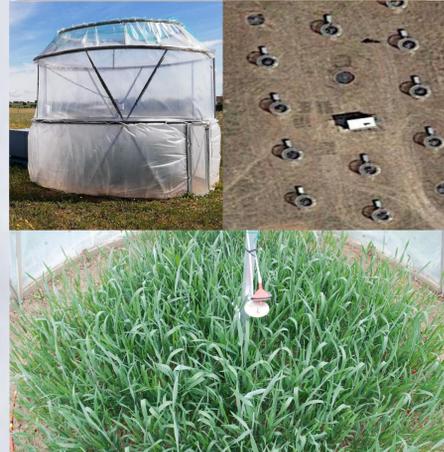
El ozono (O₃) es un poderoso oxidante que causa daños en las plantas. Las concentraciones elevadas de ozono troposférico muestran efectos adversos en los ecosistemas terrestres, entre ellos, los agrosistemas. El ozono puede reducir la transferencia de recursos a las raíces de las plantas con cambios en su composición y sus exudados. Esto tiene efectos potenciales sobre la composición y abundancia de los microorganismos en la rizosfera del suelo. Además de la composición, pueden verse afectados los procesos que los microorganismos llevan a cabo, afectando al reciclado de C y N del suelo. El déficit de agua parece modular el efecto del ozono en las plantas y presumiblemente sobre la microbiota del suelo.

Para valorar si el manejo del riego puede plantearse como estrategia de adaptabilidad en agrosistemas sometidos a contaminación por ozono troposférico, hemos investigado si el nivel de disponibilidad de agua en el suelo puede alterar la respuesta química y microbiológica del suelo a niveles elevados de ozono troposférico

Material y Métodos

ZONA DE ESTUDIO

- Centro de España peninsular
- Clima: Mediterráneo semiárido.
- Suelo: Calcic Haploxeralf.



DISEÑO EXPERIMENTAL

- Cámaras de techo descubierto (OTC)
 - Parcelas divididas con dos factores
- Factor principal: nivel ozono (cada OTC)
- preindustrial o aire filtrado (AF)
 - actual o no filtrado (ANF)
 - actual + 20 ppb O₃ (ANF+)
 - actual + 40 ppb O₃ (ANF++)
- Factor secundario: nivel de riego, alto (A) y Bajo (B) en cada mitad de OTC.
 - Distribución en bloques al azar con 3 repeticiones.

- Cultivo : Trigo de primavera sensible al ozono (Califa Sur)
- Trasplante a campo
- Fumigación de febrero a junio 2020 (de plántula a madurez)
- Riego desde elongación del tallo a madurez

MUESTREO (mayo 2020) y preparación

- Trigo en llenado de grano
- Extracción 2 plantas por subparcela
- Profundidad: 0-5 y 5-20 cm, Muestreador 8 cm Ø x 20 cm L, fraccionamiento y congelación rápida.
- Separación raíces y suelo en cada planta.
- Separación rizosfera y bulk (resto del suelo) de cada planta
- Composición de las dos extracciones para cada fracción.

ANÁLISIS DE LABORATORIO (SUELO 0-5 cm):

- pH y CE en extracto suelo-agua (1:2,5)
- C y N total (combustión total; LECO).
- Elementos biodisponibles (Melich3; cuantificados por ICP-OES).
- NO₃ y NH₄ (KCl; espectroscopia de Inyección en flujo).
- Respiración basal medida durante 24 h a 22°C con trampa alcalina (RB).
- C y N biomasa microbiana y C y N disuelto por fumigación-extracción.
- Extracción de ADN del suelo (0-5 cm) y cuantificación de genes de bacterias (16SB), arqueas (16SA) y hongos totales (ITS) con q-PCR.

ANÁLISIS DE DATOS: ANOVA con un modelo lineal general para un diseño factorial en bloques con parcelas divididas (Statgraphics Centurion XVIII). Diferencias entre las medias según Test LSD de Fisher para p-valor < 0,05.

Resultados y discusión

- El grueso de biomasa radicular se encontró en 0-5 cm, siendo la capa donde se realizaron los análisis de suelo.
- La fracción rizosférica del suelo mostró mayor sensibilidad que la bulk al nivel de O₃, confirmando el efecto del O₃ sobre la microbiota a través del efecto en la planta de trigo.
- Las variables químicas del suelo fueron mucho más sensibles a la disponibilidad de agua que al nivel de O₃; rara vez se observó interacción entre ambos factores.
- Los micronutrientes respondieron al ozono en mayor medida que los macronutrientes, en especial Co, Mn, Cu y Fe.
- Las variables microbiológicas y moleculares fueron más sensibles al O₃ que las químicas; en algunos casos, el nivel de riego moduló su respuesta.
- El C y el N de la biomasa microbiana mostraron declives notables en los tratamientos enriquecidos con O₃, independientemente del nivel de riego.
- La abundancia de bacterias totales y hongos totales aumentaron en los tratamientos enriquecidos con O₃, especialmente cuando la disponibilidad de agua fue alta.

La respuesta microbiológica del suelo a la contaminación por ozono troposférico en un agrosistema mediterráneo de trigo es compleja y puede ser modulada a través del riego.

Tabla 1. Variable microbiológicas de la capa 0-5 cm del suelo según nivel de ozono y nivel de riego.

Nivel	RB mgC-CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹		RIS mgC-CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹		CMB mg kg ⁻¹		NMB mg kg ⁻¹		
	Rizo	Bulk	Rizo	Bulk	Rizo	Bulk	Rizo	Bulk	
Ozono(F1)	AF	0,82	0,48	5,56 ab	3,53	212 ab	237	21,7 a	20,5 a
	ANF	0,62	0,31	4,52 ab	5,17	240 a	234	24,1 a	18,8 ab
	AFU	0,72	0,32	3,24 b	3,08	171 b	235	14,8 ab	15,3 b
	AFU+	0,66	0,42	7,27 a	2,73	167 b	220	12,2 b	15,2 b
Riego (F2)	Bajo	0,63	0,28 b ⁺	5,31	4,26 a ⁺	197	238	18	18,3
	Alto	0,78	0,49 a	4,99	2,99 b	189	224	18,4	16,6

AF: aire filtrado; ANF: aire no filtrado; AFU: +20 ppb ozono; AFU+: +40 ppb ozono; RB: respiración basal; RIS: respiración inducida por sustrato; CMB: carbono de la masa microbiana; NMB: nitrógeno de la masa microbiana. Letras diferentes indican medias estadísticamente diferentes según LSD para p<0,05, * excepto para riego donde las diferencias son para p<0,1.

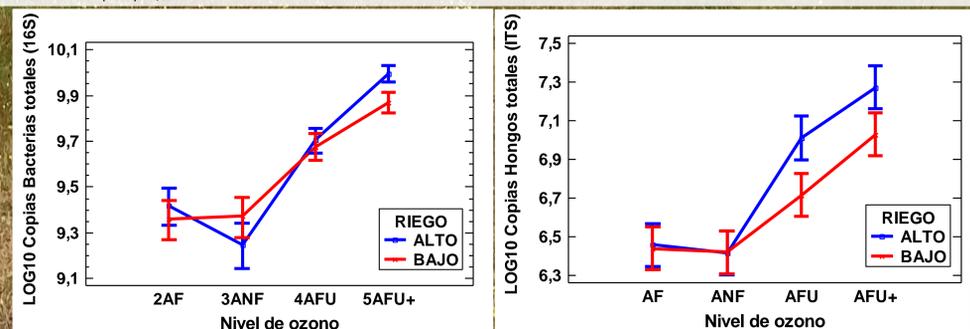


Figura 1. Abundancia de bacterias totales y hongos totales estimadas por el nº de copias (Log10) de genes 16S e ITS según nivel de ozono (AF: aire filtrado; ANF: aire no filtrado; AFU: +20 ppb ozono; AFU+: +40 ppb ozono) y nivel de riego. Barra indica error LSD para p<0.05.

Referencias

Alef, K., & Nannipieri, P. (1995). Methods in applied soil microbiology and biochemistry (No. 631.46 M592ma). Academic Press.

Agathokleous, E., Kitao, M., & Kinose, Y. (2018). A review study on ozone phytotoxicity metrics for setting critical levels in Asia. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 12(1), 1-16.

Changey, F., Bagard, M., Souleymane, M., & Lerch, T. Z. (2018). Cascading effects of elevated ozone on wheat rhizosphere microbial communities depend on temperature and cultivar sensitivity. *Environmental Pollution*, 242, 113-125.

Chen, Z., Wang, X., & Shang, H. (2015). Structure and function of rhizosphere and non-rhizosphere soil microbial community respond differently to elevated ozone in field-planted wheat. *Journal of Environmental Sciences*, 32, 126-134.

Fatima, A., Singh, A. A., Agrawal, M., & Agrawal, S. B. (2018). Effect of elevated O₃ on rhizospheric enzymatic activities of ozone sensitive and tolerant wheat cultivars. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(12), 1768-1776.

Ghosh, A., Agrawal, M., & Agrawal, S. B. (2020). Effect of water deficit stress on an Indian wheat cultivar (*Triticum aestivum* L. HD 2967) under ambient and elevated level of ozone. *Science of The Total Environment*, 714, 136837.

Hu, E., Yuan, Z., Zhang, H., Zhang, W., Wang, X., Jones, S. B., & Wang, N. (2018). Impact of elevated tropospheric ozone on soil C, N and microbial dynamics of winter wheat. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 253, 166-176.

Li, X., Deng, Y., Li, Q., Lu, C., Wang, J., Zhang, H., ... & He, Z. (2013). Shifts of functional gene representation in wheat rhizosphere microbial communities under elevated ozone. *The ISME Journal*, 7(3), 660-671.

Vance, E. D., Brookes, P. C., & Jenkinson, D. S. (1987). An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, 19(6), 703-707.

Wu, H., Li, Q., Lu, C., Zhang, L., Zhu, J., Dijkstra, F. A., & Yu, Q. (2016). Elevated ozone effects on soil nitrogen cycling differ among wheat cultivars. *Applied Soil Ecology*, 108, 187-194.

Agradecimientos:
Este estudio ha recibido financiación de la Comunidad de Madrid, a través del proyecto "La contaminación atmosférica por ozono y el desarrollo de patógeno en el marco del cambio global (PDR-18 OZOCAM); y del proyecto AGRISOST (CM S2018/BAA-4330 project) and Structural Funds 2014-2020 (ERDF and ESF). Proyecto SUSCAP PCI2019-103521 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y cofinanciado por la Unión Europea.

