

Comportamiento de oxifluorfen en suelos enmendados con diferentes fuentes de materia orgánica y sometido a sequía severa

Behaviour of oxifluorfen in soils amended with different sources of organic matter and subjected to severe drought

Isidoro Gómez Parrales^{1,*}, Patricia Paneque Macías¹, Marina del Toro Carrillo de Albornoz¹, Juan Parrado Rubio² & Manuel Tejada Moral¹

¹Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. E.T.S.I.A. Universidad de Sevilla. Ctra de Utrera Km. 1. 41013, Sevilla, España

²Departamento de Bioquímica y Biología Molecular, Facultad de Farmacia, Universidad de Sevilla, C/ Prof. García González 2, 41012, España
(*E-mail: iangel@us.es)

<https://doi.org/10.19084/rca.28752>

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de dos enmiendas orgánicas, estiércol de vaca (MC) y de oveja (MS), en un suelo contaminado con oxifluorfen y sometido a sequía severa. Para evaluar este efecto se dispusieron dos grupos de tratamientos, uno de los cuales se regó durante todo el periodo experimental y el otro se mantuvo seco. Los resultados mostraron que la actividad deshidrogenasa era menor en los suelos secos que en los húmedos para todos los tratamientos. La presencia de oxifluorfen hizo bajar drásticamente la actividad microbiana del suelo en ambos escenarios. La adición de materia orgánica supuso el aumento de la actividad microbiana, siendo más alta para la enmienda MS que para MC. Esto podría deberse a que MS tiene más cantidad de ácidos fúlvicos que MC, más disponibles para los microorganismos. Por otro lado, MS también tiene más ácido húmico que juegan un papel importante en la retención de oxifluorfen, retirándolo de la solución del suelo, reduciendo su disponibilidad para la microbiota del suelo. Asimismo, se observó una mayor degradación de oxifluorfen en los suelos con MS que con MC, tanto en suelos regados como no regados.

Palabras clave: oxifluorfen, enmiendas orgánicas, sequía severa, actividad deshidrogenasa.

ABSTRACT

The objective of this work was to study the effect of two organic amendments in soils contaminated with oxyfluorfen and submitted to severe drought. Two groups of treatments were arranged. One of them was watered during the experimental period and the other was maintained dry. The results obtained shown that dehydrogenase activity was lower in dry soils compared with those watered for all the treatments. Oxyfluorfen made dehydrogenase activity decrease in both scenarios. The addition of organic matter supposed an increase of this parameter, being higher in soils with MS compared with MC. This behaviour could be due to the content of fulvic acid, which were higher in MS than in MC. Fulvic acids are the more labile fraction of organic matter and, therefore, more available for microorganisms. On the other hand, MS has a bigger content of humic acid, which played a key role in the adsorption of oxyfluorfen, making the xenobiotic less available for soil microbes. Likewise, a higher degradation of oxyfluorfen was observed in soils amended with MS than those with MC, either in watered or not watered soils.

Keywords: Oxyfluorfen, organic amendments, severe drought, dehydrogenase activity.

INTRODUCCIÓN

El sexto informe de evaluación del IPCC (Climate Change, 2022) pone claramente de manifiesto que, si no se reduce drásticamente las emisiones de CO₂, los eventos extremos como sequías severas, inundaciones, lluvias torrenciales y olas de calor incrementarán su frecuencia y llegarán a superar la resiliencia de algunos ecosistemas, entre los que se encuentran los mediterráneos. Este escenario de cambio climático lleva al aumento de plagas y malas hierbas, con el consecuente incremento en el consumo de plaguicidas y herbicidas (Climate Change, 2022).

En este contexto, el uso de oxifluorfen (2-cloro-1-(3-etoxy-4-nitrofenoxi)-4-(trifluorometil) benceno), un difenil éter selectivo de contacto con actividad residual, se ha extendido ampliamente en los últimos años en el sur de Europa, sobre todo en el cultivo del olivar, lo que ha supuesto que se detecte su presencia en aguas, tanto superficiales como subsuperficiales (Hermosín *et al.*, 2013; Franco-Andreu *et al.*, 2016).

Por otro lado, el empleo de diferentes tipos de enmiendas orgánicas como estrategia de biorremediación de suelos húmedos y contaminados con oxifluorfen es una práctica habitual (Gómez *et al.*, 2014). No obstante, no se ha estudiado el efecto de estas enmiendas en suelos contaminados sometidos a sequía severa.

Además, la medida de la actividad deshidrogenasa ha demostrado ser un buen bioindicador de la actividad microbiana del suelo, ya que informa sobre la presencia de microorganismos viables (García *et al.*, 1993).

Atendiendo a lo expuesto hasta ahora, el objetivo de este trabajo es estudiar la evolución de la actividad deshidrogenasa y del contenido en oxifluorfen en un suelo bajo clima mediterráneo.

MATERIAL Y MÉTODOS

En este trabajo se utilizó un suelo franco-arcillo-arenoso bajo olivar clasificado como Calcaric Regosols (WRB, 2014). Las fuentes de materia orgánica con las que se enmendó el suelo fueron un

estiércol de vaca (MC) y otro de oveja (MS), ambos compostados en una pila trapezoidal con humedad y temperatura controladas. Las principales características del suelo se recogen en el trabajo de Franco-Andreu *et al.* (2017) y las de las enmiendas en la Tabla 1.

En este experimento se utilizó Fenfen (24% pv⁻¹ de oxifluorfen) de la empresa Lainco S.A. (España). La dosis de aplicación fue de 4 Lha⁻¹.

El diseño experimental se realizó durante 75 días en microcosmos en laboratorio para asegurar las condiciones de sequía severa. Se dispusieron en botes de vidrio 300 g de suelo tamizado a 2 mm, preincubados a 25°C durante 7 días al 30-40% de la capacidad de campo. A continuación, se contaminaron los suelos con oxifluorfen y posteriormente se añadieron las enmiendas a las dosis de 67,41 Mgkg⁻¹ de MC y 52,55 Mgkg⁻¹ de MS, con el fin de que tuvieran la misma cantidad de materia. Los botes se separaron en dos grupos, uno se regó durante todo el experimento y otro se sometió a sequía extrema. Los suelos regados se etiquetaron con C (control), MC (suelo enmendado con MC), MS (suelo enmendado con MS), OX_MC (suelo con oxifluorfen y enmendado con MC) y OX_MS (suelo con oxifluorfen y enmendado con MS) y los no regados recibieron los mismos tratamientos y se etiquetaron con CD, MCD, MSD, OX_MCD y OX_MSD. Todos los tratamientos se realizaron por triplicado.

Para realizar el análisis de los distintos parámetros bioquímicos y químicos, se tomaron muestras a los 10, 20, 50 y 75 días de incubación. La actividad deshidrogenasa (DHA) se determinó de acuerdo con el método propuesto por García *et al.* (1993). Para determinar el contenido de oxifluorfen en suelos, se siguió el método descrito por Anastassiades *et al.* (2003).

Para comprobar si existían diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos se realizó un Anova de medidas repetidas y, posteriormente, el test de Tuckey, utilizando el software estadístico R con los paquetes car y multcomp. Las diferencias entre días se analizaron mediante una t de Student.

Tabla 1 - Principales características químicas de las enmiendas orgánicas utilizadas

| | MC | MS |
|--|---------|---------|
| Materia orgánica (g kg ⁻¹) | 251±21 | 332±21 |
| Nitrógeno (g kg ⁻¹) | 6,8±1,8 | 8,5±1,2 |
| Ácidos fúlvicos (mg kg ⁻¹) | 4539±54 | 7375±57 |
| Ácidos húmicos (mg kg ⁻¹) | 6911±58 | 9365±75 |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presencia de oxifluorfen produjo una disminución de la actividad deshidrogenasa respecto al control, tanto en los suelos regados como en los no regados (Tabla 2). Esto está de acuerdo con otros estudios donde se observó que este herbicida producía una fuerte inhibición de la actividad microbiana del suelo, tanto en suelos secos como húmedos (Franco-Andreu *et al.*, 2016).

La adición de materia orgánica al suelo contaminado con el herbicida, tanto en los suelos regados como en los no regados, supuso una recuperación de la actividad microbiana, siendo mayor en los suelos enmendados con MS que con MC. Franco-Andreu *et al.* (2017) en un experimento de un año de duración encontraron el mismo comportamiento en suelos tratados con ambos residuos orgánicos y atribuyeron esta diferencia a la mayor concentración de ácidos fúlvicos en MS con respecto MC (Tabla 1). Así pues, en los suelos regados se observa que al final del periodo experimental, los suelos contaminados y tratados con MS experimentan un aumento significativo del 80% en la actividad deshidrogenasa respecto al momento inicial. Asimismo, Barbosa *et al.* (2021) constataron que la adsorción de oxifluorfen en un suelo dependía de la cantidad y estructura de los ácidos húmicos, de manera que, a mayor cantidad de estos componentes, menor cantidad de oxifluorfen en la solución del suelo disponible para los microorganismos.

En los suelos no regados, al contrario que en los regados, la actividad deshidrogenasa disminuye a lo largo del tiempo, excepto en los suelos enmendados y contaminados, donde se produce un ligero aumento no significativo al final de periodo respecto al inicio. De nuevo, MS provoca un mayor aumento de la actividad microbiana en los suelos

no contaminados que MC, sin embargo, en los contaminados no hay diferencias entre ambos residuos.

El contenido de oxifluorfen en los suelos regados es significativamente menor que en los suelos no regados a partir de los 50 días de incubación (Figura 1). En los suelos no enmendados y sometidos a sequía severa, la concentración de oxifluorfen al final del experimento es un 50% mayor que en los suelos regados. Esto está de acuerdo con lo encontrado por Franco-Andreu *et al.* (2016). La adición de materia orgánica supuso una disminución significativa del contenido de oxifluorfen tanto en suelos húmedos como secos, siendo más acusada para el tratamiento con MS, con un 35% de menos oxifluorfen en suelos húmedos y un 49% menos en suelos secos respecto a los no enmendados.

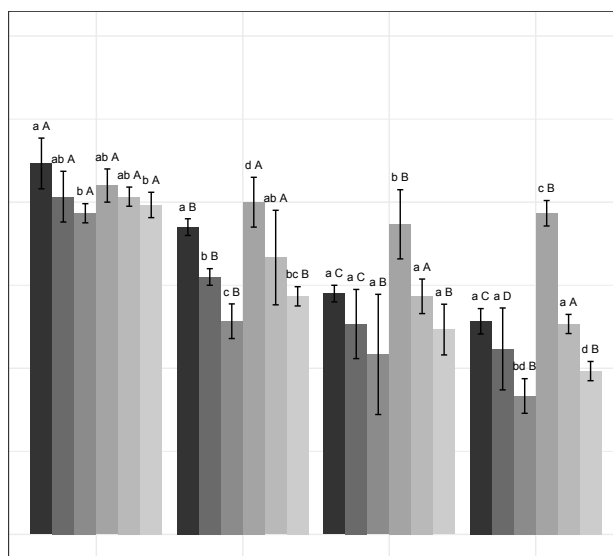


Figura 1 - Concentración de oxifluorfen (media ± desviación estándar) en suelos regados y no regados a lo largo del periodo de incubación. Letras minúsculas y mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos y días, respectivamente.

Estas diferencias podrían explicarse, como en el caso del comportamiento de la actividad deshidrogenasa (Tabla 2), atendiendo a la mayor cantidad de ácidos fúlvicos que aumentarían la actividad de los microorganismos degradadores de oxifluorfen en mayor medida en los suelos tratados con MS que con MC.

CONCLUSIONES

Nuestros resultados muestran que la enmienda de suelos contaminados con oxifluorfen sometidos a sequía severa es una estrategia útil para disminuir los efectos nocivos de este compuesto sobre la actividad microbiana del suelo, así como, la cantidad del xenobiótico al final del periodo e incubación. Este efecto será tanto más importante, cuanto mayor cantidad de ácidos fúlvicos y húmicos tenga el residuo orgánico, ya que, por un lado, los ácidos fúlvicos se degradan más fácilmente y aportarán nutrientes para los microorganismos y, por otro lado,

los ácidos húmicos retendrán más intensamente el oxifluorfen, eliminándolo de la solución del suelo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (España), Plan Estatal 2017-2020, referencia RTI2018-097425-B-I00, y la Junta de Andalucía (Consejería de Economía y Educación), Proyectos I+D+i FEDER Andalucía 2014-2020, con referencia US-1263885.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anastassiades, M.; Lehotay, S.J.; Stajnbaher, D. & Shenck, F.J. (2003) - Fast and easy multiresidue method employing extraction/partitioning and dispersive solid phase extraction for the determination of pesticide residues in produce. *Journal of AOAC International*, vol. 86, n. 2, p. 412–431. <https://doi.org/10.1093/jaoac/86.2.412>
- Climate Change (2022) - *Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Working Group II Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report.
- Franco-Andreu, L.; Gómez, I.; Parrado, J.; García, C.; Hernández, T. & Tejada, M. (2016) - Behaviour of two pesticides in a soil subjected to severe drought. Effects on soil biology. *Applied Soil Ecology*, vol. 105, p. 17-24. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.04.001>
- Franco-Andreu, L.; Gómez, I.; Parrado, J.; García, C.; Hernández, T. & Tejada, M. (2017) - Soil biology changes as a consequence of organic amendments subjected to a severe drought. *Land Degradation & Development*, vol. 28, n. 3, p. 897-905. <https://doi.org/10.1002/ldr.2663>
- García, C.; Hernández, T.; Costa, F.; Ceccanti, B. & Masciandaro, G. (1993) - The dehydrogenase activity of soils an ecological marker in processes of perturbed system regeneration. *In: Gallardo-Lancho, J. (Ed.) - Proceedings of The XI International Symposium of Environmental Biogeochemistry*, Salamanca, Spain. p. 89-100.
- Gómez, I.; Rodríguez-Morgado, B.; Parrado, J.; García, C.; Hernández, T. & Tejada, M. (2014) - Behavior of oxyfluorfen in soils amended with different sources of organic matter. Effects on soil biology. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 273, p. 207–214. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.03.051>
- Hermosin, M.C.; Calderon, M.J.; Real, M. & Cornejo, J. (2013) - Impact of herbicides used in olive groves on waters of the Guadalquivir river basin (southern Spain). *Agriculture Ecosystems & Environment*, vol. 164, p. 229–243. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.09.021>
- Barbosa, D.R.; Calderín García, A.; Souza, C.C.B. & Sobrinho, N.M.B.A. (2021) - Influence of humic acid structure on the accumulation of oxyfluorfen in tropical soils of mountain agroecosystems. *Environmental Pollution*, vol. 284, art. 117380. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117380>
- WRB (2014) - *International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. World Reference Base for Soil Resources, Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome. 192 p.