

Degradación de formulados de biomasa alelopática aplicados al suelo para el control de malezas

Degradation of allelopathic biomass formulations applied to soil for weed control

J. Eugenio López-Periago^{1,*}, Carolina G. Puig², María Pardo-Muras², Antía Valiño² & Nuria Pedrol²

¹Instituto de Agroecología y Alimentación, Universidade de Vigo, Campus Auga. Ourense, España

²Departamento de Biología Vexetal e Ciencia do Solo, Universidade de Vigo, Vigo, España

(*E-mail: edelperi@uvigo.es)

<https://doi.org/10.19084/rca.34852>

Recibido/received: 2024.01.15

Aceptado/accepted: 2024.02.28

RESUMEN

El objetivo de sustitución progresiva de los herbicidas de síntesis en la UE a partir de la próxima década necesita desarrollar nuevas técnicas y prácticas para adoptarlas en el manejo integrado de malas hierbas (IWM). Consecuentemente, la propuesta de aplicar preparados basados en biomasa alelopática como herbicida, necesita de una base de conocimiento sobre los procesos de liberación y transporte de las sustancias bioactivas desde la biomasa enterrada en el suelo hacia los órganos diana de las malezas. Bajo un criterio similar al de los formulados sintéticos de liberación controlada, se estudian los procesos físicos que pudiesen afectar a la liberación de los compuestos alelopáticos tras su aplicación al suelo. Este trabajo examina los cambios morfológicos del material vegetal procesado de eucalipto (filodios y ramas finas) mediante un ensayo de aplicación de la biomasa en macetas, y posterior análisis morfológico de la misma mediante microtomografía de rayos-X. El análisis 3D de las tomografías muestran que a los 20 días de incubación en el suelo se produce una notable modificación de la estructura de la biomasa, un aumento de la porosidad y afectación a las cavidades secretoras de los filodios. Por tanto, la descomposición progresiva de los tejidos puede actuar como un mecanismo de liberación controlada por las condiciones ambientales del suelo. Este control determina la transferencia de fase de las sustancias bioactivas desde la biomasa alelopática a través de los poros del suelo hasta las malezas diana.

Palabras-clave: biomasa, alelopatía, herbicida, liberación controlada, tomografía.

ABSTRACT

The objective of progressively replacing synthetic herbicides in the EU in the next decade necessitates the development of new techniques and practices for adoption in Integrated Weed Management (IWM). Consequently, the proposal to apply preparations based on allelopathic biomass as herbicide requires a knowledge base about the processes of release and transport of bioactive substances from the biomass buried in the soil to the target organs of the weeds. Under the same criterion as the controlled-release synthetic formulations, the physical processes that could affect the release of allelopathic compounds after their application to the soil are studied. This work examines the morphological changes of processed eucalyptus plant material (phyllodes and fine branches) through a pot trial and subsequent morphological analysis using X-ray microtomography. The 3D analysis of the tomographies shows that after 20 days of incubation in the soil, there is a notable modification of the biomass structure, an increase in porosity, and an effect on the secretory cavities of the phyllodes. Therefore, the progressive decomposition of the tissues can act as a release mechanism controlled by the environmental conditions of the soil. This control determines the phase transfer of bioactive substances from the allelopathic biomass through the soil pores to the target weeds.

Keywords: biomass, allelopathy, herbicide, controlled release, tomography.

INTRODUCCIÓN

Las malezas necesitan ser controladas para mantener la productividad agrícola en niveles viables en su contexto socioeconómico (Westwood *et al.*, 2018). Los herbicidas sintéticos, siendo todavía eficaces en el aumento de los rendimientos de los cultivos, acumulan evidencias de riesgo para la salud humana y animal, lo que impulsa propuestas políticas de limitación o prohibición de su uso. A su vez, la creciente resistencia de las malezas provoca un aumento de las dosis de los herbicidas disponibles, y la demanda de nuevas soluciones (Montull & Torra, 2023).

El uso de biomasa alelopática es un enfoque prometedor para la gestión sostenible de malezas (Puig *et al.*, 2019; Pardo-Muras *et al.*, 2022). Esta biomasa procedente de residuos agroforestales ofrece una solución eficaz y sostenible (Pedrol *et al.*, 2020), pero su aplicación práctica presenta desafíos que requieren más investigación (Valiño *et al.*, 2023).

El presente estudio obedece a la necesidad de optimizar los métodos de manejo y aplicación de biomasa alelopática. Inspirado en los formulados de liberación controlada de agroquímicos convencionales (Paradelo *et al.*, 2014; Yi *et al.*, 2022), se estudian las características estructurales del material vegetal de filodios de eucalipto densificado mediante peletizado, que están relacionadas con la liberación y emanación de los compuestos alelopáticos mediante tomografía de rayos-X (CT). Esta técnica permite examinar la estructura interna de materiales compuestos con exactitud y precisión, de forma no destructiva (Soto-Gómez *et al.*, 2020).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los pellets de eucalipto se fabricaron en la planta piloto de prueba de concepto (PDC2022-133375-100) de la Universidad de Vigo, conforme a la patente ES2719451B2 (Pedrol *et al.*, 2020). Una muestra de pellets frescos se escaneó, y la otra se incubó 20 días en un suelo arenoso a capacidad de campo y temperatura ambiente en macetas a una dosis de 10 g kg⁻¹. Tras la incubación, las macetas completas y los pellets individuales extraídos del suelo se escanearon mediante un YXLON FF20 CT de transmisión de 20-190 kV con un detector de panel plano Y.Panel 4343CT CsI (Varex Imaging Corp.). Las

macetas se escanearon a 60 micras de resolución y los pellets individuales a 3,7 micras. El tratamiento y análisis se realizó mediante el software AVIZO3D (Fei-Thermo-Fisher) para medir longitudes, superficies y volúmenes, y extracción de la porosidad. El modelado de la difusividad se realizó mediante XLabSuite (Thermo-Fisher Scientific). Las estructuras y órganos de los filodios en las tomografías de los pellets se identificaron a partir de estudios anatómicos de varias especies de *Eucalyptus* (Santos *et al.*, 2008; Migacz *et al.*, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de la maceta a 60 micras, muestra la distribución de pellets en diversas orientaciones (Figura 1), que mantienen un buen contacto con la matriz del suelo. El diámetro de los pellets tras la incubación es en promedio de 6,5 ± 0,12 mm, lo que supone un incremento del 8,34 ± 2% respecto al diámetro original. La porosidad visible en la tomografía, mayor de 6 micras aumentó desde 0,446 ± 0,001 en el pellet fresco a 0,574 ± 0,001 tras la incubación.

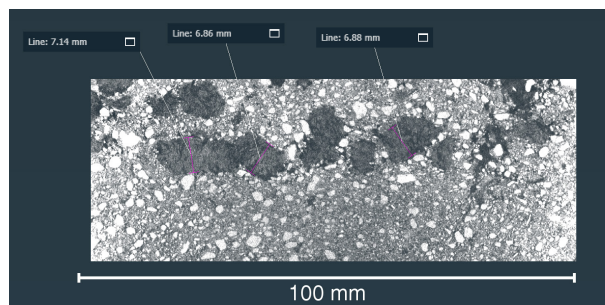


Figura 1 - Sección tomográfica sagital de una maceta con pellets de biomasa herbicida tras 20 días de incubación en el suelo. En tonos oscuros, se puede observar la distribución y disposición de los pellets en el suelo con las acotaciones correspondientes a las mediciones de tamaño. Resolución 60 micras.

A una escala más ampliada (Figura 2), se pueden observar en el pellet fresco sin incubar que las cavidades secretoras se encuentran llenas o parcialmente llenas con los aceites esenciales, mezclas complejas de sustancias volátiles alelopáticas. La tomografía permitió evaluar el porcentaje en volumen de las cavidades secretoras en un promedio de 5,6 ± 1,5% con respecto al volumen del pellet fresco. Tras la incubación no se han podido identificar cavidades secretoras llenas de aceites.

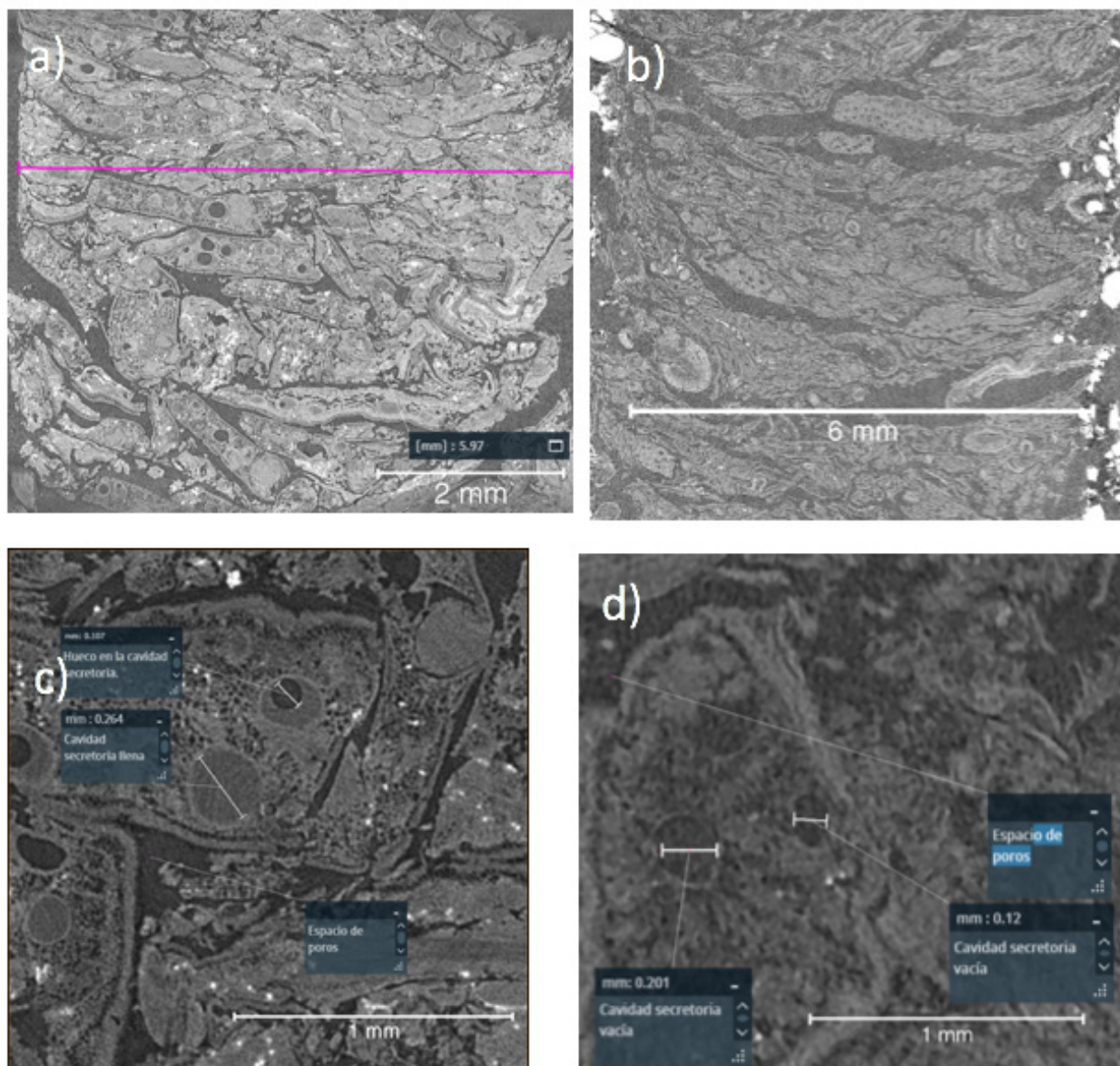


Figura 2 - Secciones longitudinales de un pellet fresco antes de la incubación a,c) y un pellet tras 20 días de contacto con el suelo b,d). El diámetro máximo del pellet fresco a) es de $6 \pm 0,02$ mm, y presenta una estructura en láminas comprimidas superpuestas a lo largo del eje vertical. Tras el contacto b), se observa una deslaminación en planos horizontales y un aumento de diámetro. A un mayor detalle c,d) se observan en el pellet fresco las cavidades secretoras llenas o parcialmente llenas c). Tras el contacto con el suelo las cavidades secretoras aparecen vacías d). Resolución 3,73 micras.

Las imágenes de las Figuras 2c, y 2d se segmentaron para extraer la porosidad conectada y determinar sus respectivos tensores de difusividad mediante Xlab. Los valores de difusividad en la diagonal principal de la matriz fueron más altos tras la incubación, con un incremento de 2,1, 2,5 y 1,9 veces en las direcciones X, Y y Z respectivamente.

La baja macro porosidad del pellet fresco dificulta la liberación de compuestos alelopáticos desde las

cavidades secretoras durante su almacenamiento y manejo. Tras su aplicación, la delaminación por la absorción del agua del suelo y la dilatación de los poros provoca un aumento de la porosidad de un 28,7%. Además, se duplican los valores del tensor de la difusividad, lo cual favorece la emanación y el efecto de control de las malezas. El vaciado de las cavidades secretoras tras la aplicación al suelo es un indicador de la mayor emanación y transporte hacia el suelo tras su aplicación.

CONCLUSIONES

Los resultados aquí presentados, muestran que los pellets de biomasa de eucalipto densificada tienen una porosidad disminuida que facilita la conservación de las sustancias volátiles alelopáticas durante el almacenamiento. Una vez aplicado al suelo, el pellet absorbe la humedad del suelo de forma que la expansión se produce a costa del aumento de la porosidad. La difusividad se incrementa sustancialmente, lo cual facilita la liberación de los volátiles y el desarrollo de su efecto herbicida. La densificación de la biomasa alelopática y su comportamiento en el suelo son ventajas tecnológicas que mejoran su utilidad y aplicación agronómica.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por los proyectos PID2019-111253RB-I00 y PDC2022-133375-I00 financiado por MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033 (a través de FEDER y NextGenerationEU/PRTR, respectivamente), y por la Sociedad Española de Malherbología (SEMh) a través una beca de investigación para posgraduados, convocatoria 2023 (A.V.). El tomógrafo es una infraestructura EQC2018—004965-P FEDER-MICIN.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Migacz, I.P.; Raeski, P.A.; Almeida, V.P. de; Raman, V.; Nisgoski, S.; Muniz, G.I.B. de; Farago, P.V.; Khan, I.A. & Budel, J.M. (2018) - Comparative leaf morpho-anatomy of six species of *Eucalyptus* cultivated in Brazil. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, vol. 28, n. 3, p. 273-281. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2018.04.006>
- Montull, J.M. & Torra, J. (2023) - Herbicide Resistance Is Increasing in Spain: Concomitant Management and Prevention. *Plants*, vol. 12, n. 3, art. 469. <https://doi.org/10.3390/plants12030469>
- Paradelo, M.; Soto-Gómez, D.; Pérez-Rodríguez, P.; Pose-Juan, E. & López-Periago, J.E. (2014) - Predicting release and transport of pesticides from a granular formulation during unsaturated diffusion in porous media. *Journal of Contaminant Hydrology*, vol. 158, p. 14-22. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2013.10.009>
- Pardo-Muras, M.; Puig, C.G. & Pedrol, N. (2022) - Complex Synergistic Interactions among Volatile and Phenolic Compounds Underlie the Effectiveness of Allelopathic Residues Added to the Soil for Weed Control. *Plants*, vol. 11, n. 9, art. 1114. <https://doi.org/10.3390/plants11091114>
- Pedrol, N.; Pardo-Muras, M. & Puig, C. (2020) - *Use of Biomass as a natural herbicide*. Oficina Española de Patentes y Marcas, Patent ES2719451B2.
- Puig, C.G.; Revilla, P.; Barreal, M.B.; Reigosa, M.J. & Pedrol, N. (2019) - On the suitability of *Eucalyptus globulus* green manure for field weed control. *Crop Protection*, vol. 121, p. 57-65. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.03.016>
- Santos, L.D.T.; Thadeo, M.; Iarema, L.; Meira, R.M.S.A. & Ferreira, F.A. (2008) - Foliar anatomy and histochemistry in seven species of *Eucalyptus*. *Revista Árvore*, vol. 32, n. 4, p. 769-779. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000400019>
- Soto-Gómez, D.; Vázquez Juárez, L.; Pérez-Rodríguez, P.; López-Periago, J.E.; Paradelo, M. & Koestel, J. (2020) - Percolation theory applied to soil tomography. *Geoderma*, vol. 357, art. 1139559. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113959>
- Valiño, A.; Pardo-Muras, M., Puig, C.G.; López-Periago, J.E. & Pedrol, N. (2023). Biomass from Allelopathic Agroforestry and Invasive Plant Species as Soil Amendments for Weed Control—A Review. *Agronomy*, vol. 13, n. 12, art. 2880. <https://doi.org/10.3390/agronomy13122880>
- Westwood, J.H.; Charudattan, R.; Duke, S.O.; Fennimore, S.A.; Marrone, P., Slaughter, D.C.; Swanton, C. & Zollinger, R. (2018) - Weed Management in 2050: Perspectives on the Future of Weed Science. *Weed Science*, vol. 66, n. 3, p. 275-285. <https://doi.org/10.1017/wsc.2017.78>
- Yi, F.; Liu, Y.; Su, C. & Xue, Z. (2022) - Research progress on the encapsulation and sustained controlled-release of essential oils. *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 46, n. 12, art. e17241. <https://doi.org/10.1111/jfpp.17241>