

Determinación de la curva dosis-respuesta del compuesto natural carvacrol para el control de las arvenses *Lolium rigidum* y *Sonchus oleraceus*

Determination of the dose-response curve of the natural compound carvacrol for the control of the weeds *Lolium rigidum* and *Sonchus oleraceus*

Nieves Melero-Carnero^{1,*}, Natalia Torres-Pagán¹, Patricia Casas-Martínez¹, David López-González^{1,2}, Diego Gómez de Barreda-Ferraz³, Jose María Osca³, Rosa Peiró⁴, Mónica Boscaiu¹, Marta Teijeira^{2,5}, Fabrizio Araniti⁶, Adela Sánchez-Moreiras² & Mercedes Verdeguer¹

¹ Instituto Agroforestal Mediterráneo (IAM), Universitat Politècnica de València, España

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

³ Departamento de Producción Vegetal, Universitat Politècnica de València, España

⁴ Centro de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana (COMAV), Universitat Politècnica de València, España

⁵ Instituto de Investigación Sanitaria Galicia Sur, España

⁶ Dipartimento di Science Agrarie e Ambientali – Produzione, Territorio, Agroenergia, Università Statale di Milano, Italia

(*E-mail: niemecar@etsiamn.upv.es)

<https://doi.org/10.19084/rca.34850>

Recibido/received: 2024.01.15

Aceptado/accepted: 2024.02.28

RESUMEN

Los herbicidas sintéticos han sido la herramienta más utilizada para el control de las plantas arvenses desde su descubrimiento y desarrollo a mediados del siglo XX. Sin embargo, su uso continuado ha llevado a la aparición de biotipos de arvenses resistentes, disminuyendo su eficacia. Además, han causado problemas medioambientales, afectan a especies no diana, y pueden producir fitotoxicidad en los cultivos. Por ello, es necesario buscar nuevas materias herbicidas que sean efectivas en el control de las arvenses pero respetuosas con el medio ambiente. Los aceites esenciales de algunas plantas poseen compuestos con propiedades fitotóxicas, que pueden inhibir la germinación y el crecimiento de las arvenses. El carvacrol es un fenol monoterpénico que se encuentra principalmente en los aceites esenciales de las plantas de la familia Lamiaceae, con demostrada actividad herbicida. El objetivo del presente trabajo fue obtener una curva dosis-respuesta del carvacrol sobre las especies *Lolium rigidum* (modelo de arvense monocotiledónea) y *Sonchus oleraceus* (modelo de arvense dicotiledónea). Los ensayos se realizaron en invernadero, aplicando distintas dosis de carvacrol sobre las arvenses estudiadas a fin de obtener la curva dosis-respuesta de cada una de ellas. Para evaluar la actividad herbicida del carvacrol se determinó su eficacia. *S. oleraceus* fue más sensible al carvacrol que *L. rigidum*. La obtención de estas curvas dosis-respuesta permitirá en el futuro utilizarlas como referencia para realizar ensayos en condiciones de campo y para el estudio de interacciones sinérgicas del carvacrol con otros compuestos.

Palabras-clave: herbicidas naturales, carvacrol, control integrado de malas hierbas.

ABSTRACT

Synthetic herbicides have been the most widely used tool for weed control since their discovery and development in the mid-20th century. However, their continued use has led to the emergence of resistant weed biotypes, reducing their efficacy. They also provoked environmental problems, affecting non-target species, and causing crop stress. It is therefore necessary to look for new herbicides that could be effective in controlling weeds while also being environmentally friendly. The essential oils of some plants have compounds with phytotoxic properties, which can inhibit the germination and growth of weeds. Carvacrol is a monoterpene phenol found mainly in the essential oils of plants of the Lamiaceae family, with proven herbicidal activity. The aim of the present work was to obtain a dose-response curve of carvacrol on *Lolium rigidum* (monocotyledonous weed model) and *Sonchus oleraceus* (dicotyledonous weed model). The tests were carried out under greenhouse conditions, applying different doses of carvacrol on the weeds studied to obtain the dose-response curves. To assess the herbicidal activity of carvacrol, its efficacy on weeds

were determined. *S. oleraceus* was more sensitive to carvacrol than *L. rigidum*. The dose-response curves obtained will be used in the future as a reference for field trials and for the study of synergistic interactions of carvacrol with other compounds.

Key words: natural herbicides, carvacrol, integrated weed control.

INTRODUCCIÓN

El aumento de casos de biotipos de arvenses resistentes a herbicidas sintéticos en el mundo ha generado gran preocupación en el sector agrícola, puesto que estos han sido tradicionalmente la herramienta más utilizada para el control de arvenses por su eficacia y rentabilidad (Vats, 2015). España se encuentra en segunda posición entre los países de la Unión Europea con mayor número de casos documentados de resistencias a herbicidas, y en sexta posición a nivel mundial. Además, los herbicidas sintéticos han sido considerados causantes de diferentes problemas sobre el medio ambiente. La *European Chemicals Agency* (ECHA, 2022) clasificó en 2022 el glifosato como tóxico para el medio acuático y causante de daños oculares severos en mamíferos. En la Unión Europea se están haciendo grandes esfuerzos por reducir el uso de productos químicos de síntesis (Directiva 2009/128/CE para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas, Estrategia “De la Granja a la Mesa”, mayo de 2020). Por todo ello, ha aumentado el interés por estrategias alternativas para el control de las arvenses, como el control integrado o la agroecología, para reducir la dependencia de estos químicos (Norsworthy *et al.*, 2012). También se están haciendo esfuerzos para encontrar nuevas materias activas con propiedades herbicidas, que sean más respetuosas con el medio ambiente, que puedan ser incluidas en las estrategias de control integrado. Los aceites esenciales (AE) de plantas son una fuente valiosa de materias activas con potencial actividad herbicida, puesto que son una mezcla de metabolitos secundarios, como terpenoides, capaces de reducir la germinación y el crecimiento de arvenses (Verdeguer *et al.*, 2020a). La actividad herbicida de los AE se debe a los compuestos que contienen. Por ejemplo, se ha verificado en diferentes estudios la actividad herbicida del carvacrol, presente en los aceites esenciales de plantas de la familia Lamiaceae (Muñoz *et al.*, 2020). El objetivo del presente trabajo fue elaborar la curva dosis-respuesta de este compuesto en dos especies arvenses, *Lolium rigidum*

Gaudin, modelo de monocotiledóneas y *Sonchus oleraceus* L. modelo de dicotiledóneas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron entre los meses de enero y marzo de 2023 en *Lolium rigidum* y entre marzo y junio de 2023 en *Sonchus oleraceus* en el invernadero 8 de la Universitat Politècnica de València. El carvacrol ensayado era de Sigma-Aldrich®, Merck, ($\geq 98\%$ pureza), y se utilizó como emulsionante el producto Fitoil®, de Xeda Italia s.r.l. Las semillas de *L. rigidum* fueron compradas a Herbiseed en 2019, y las de *S. oleraceus* fueron recogidas de plantas arvenses presentes en campos agrícolas y márgenes de caminos en la zona de Alboraya (Valencia, España). Las semillas se sembraron en bandejas con una mezcla de turba y perlita en una proporción 3:1 para la obtención de plántulas. Cuando las plántulas tuvieron un tamaño de 2 hojas verdaderas en *L. rigidum* y hasta 4 hojas verdaderas en *S. oleraceus*, se trasladaron a macetas individuales de 8 x 8 x 7 cm preparadas con el mismo sustrato y 3 días después del trasplante se realizaron los tratamientos. Las dosis ensayadas de carvacrol en *L. rigidum* fueron 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27 y 30 $\mu\text{L}/\text{mL}$, mientras en *S. oleraceus* se ensayaron las dosis 12, 15, 18, 21 y 24 $\mu\text{L}/\text{mL}$. Los tratamientos con carvacrol incluían Fitoil® al 0,5%. Además de estos tratamientos se dispuso un control con agua y un control Fitoil® (agua + Fitoil® al 0,5%) para cada especie. Se realizaron 10 repeticiones de cada tratamiento. Los tratamientos se aplicaron mediante pulverización con pulverizadores Matabi modelo Berry, con 1L de capacidad útil y boquilla cónica regulable. El volumen de caldo aplicado para todos los tratamientos fue 5 mL por planta.

El ensayo tuvo una duración de 30 días desde la aplicación de los tratamientos. Se llevó a cabo un seguimiento del ensayo, tomando datos los días 1, 3, 7, 15 y 30 tras la aplicación de los tratamientos (DDA). Las variables evaluadas fueron la eficacia, a

la que se asignó un valor de 100 si la planta estaba muerta y 0 si la planta estaba viva.

El análisis estadístico de los datos se realizó con el programa *Statgraphics® Centurion XVIII versión 18.1.13*. Se llevó a cabo un análisis de la varianza (ANOVA) simple, utilizando los intervalos LSD (Least Significant Difference) de Fisher para la separación de medias ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En *L. rigidum*, las dosis más altas de carvacrol ensayadas, 27 y 30 $\mu\text{L}/\text{mL}$, consiguieron una eficacia de 90 al final del ensayo (30DDA) (Figura 1). Las dosis de 15, 21 y 24 $\mu\text{L}/\text{mL}$, aunque obtuvieron una eficacia inferior a la de las dosis más elevadas, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

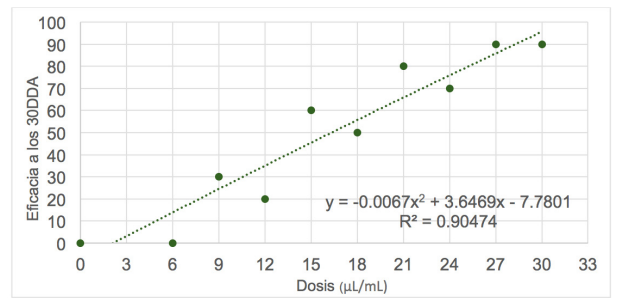


Figura 2 - Curva dosis-respuesta de la eficacia a los 30 días del carvacrol en *Lolium rigidum*.

El tratamiento que consiguió la eficacia más elevada a los 30 días en *S. oleraceus* fue la dosis de 15 $\mu\text{L}/\text{mL}$, con un 100 de eficacia (Figura 3). La eficacia obtenida con las dosis de 21 y 24 $\mu\text{L}/\text{mL}$ no mostró diferencias estadísticas significativas con respecto a la eficacia de la dosis de 15 $\mu\text{L}/\text{mL}$.

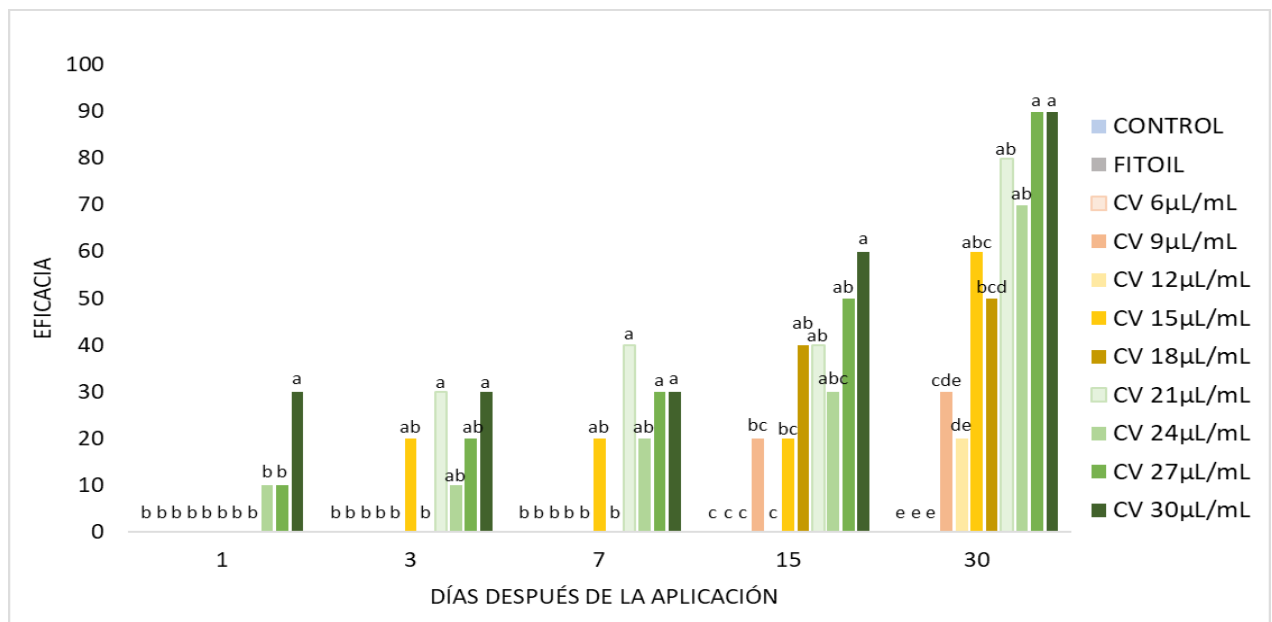


Figura 1 - Evolución de la eficacia de carvacrol en *Lolium rigidum* según la dosis aplicada. En cada fecha letras distintas en las barras indican diferencias significativas (Fisher Least Significance Difference LSD test, $p < 0,05$).

La curva dosis-respuesta de la eficacia del carvacrol en *L. rigidum* se muestra representada en la Figura 2. La línea de tendencia que mejor se ajusta a los valores de eficacia obtenidos sigue una curva polinómica, cuya ecuación aparece en la Figura 2. Según la ecuación obtenida la dosis que conseguiría una eficacia de 100 en esta especie sería 31,36 $\mu\text{L}/\text{mL}$ de carvacrol.

La dosis con mayor eficacia sobre *S. oleraceus* fue menor que en el caso de *L. rigidum*. Las especies monocotiledóneas son más resistentes a los compuestos herbicidas que las dicotiledóneas (Soltys *et al.*, 2013; Jouini *et al.*, 2020). Verdeguer *et al.* (2020b) estudiaron la fitotoxicidad del aceite esencial de *Thymbra capitata in vivo* con un contenido en carvacrol del 72,30% v/v, y observaron una mayor sensibilidad

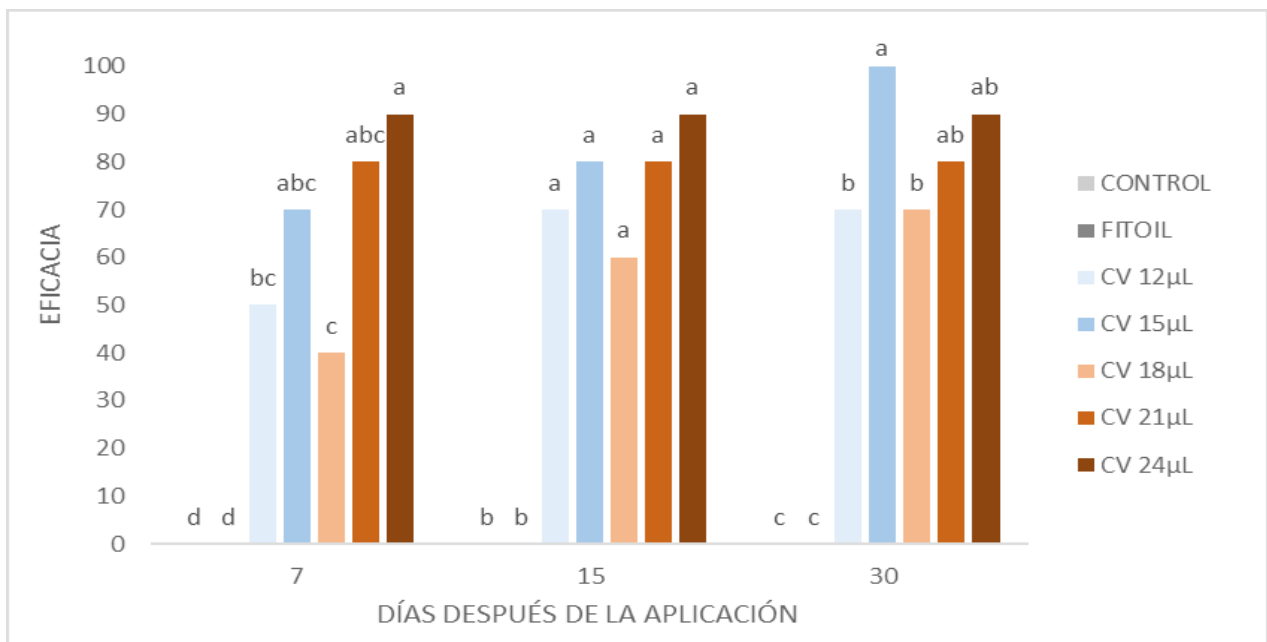


Figura 3 - Evolución de la eficacia de carvacrol en *Sonchus oleraceus* según la dosis aplicada. En cada fecha letras distintas en las barras indican diferencias significativas (Fisher Least Significance Difference LSD test, $p < 0,05$).

a dicho aceite en especies dicotiledóneas (*Portulaca oleracea* y *Erigeron bonariensis*) frente a monocotiledóneas (*Avena fatua* y *Echinochloa crus-galli*). Se relacionó esta diferente sensibilidad con la anatomía de las hojas, concretamente las ceras cuticulares presentes en la hoja de monocotiledóneas suponen la mayor barrera física para la difusión de compuestos de naturaleza lipófila. Torres-Pagán *et al.* (2023) también consiguieron una mayor eficacia en el control de *S. oleraceus* con el aceite esencial de

T. capitata (riqueza del 72,3% v/v en carvacrol) frente a *L. rigidum*. La curva dosis-respuesta de la eficacia del carvacrol en *S. oleraceus* se muestra representada en la Figura 4. La línea de tendencia que mejor se ajusta a los valores es una línea recta, cuya ecuación aparece en la Figura 4. El valor de R^2 es menor que el conseguido en *L. rigidum*, por lo que convendría realizar el ensayo utilizando más dosis intermedias para ajustar con mayor precisión la curva dosis-respuesta en esta especie.

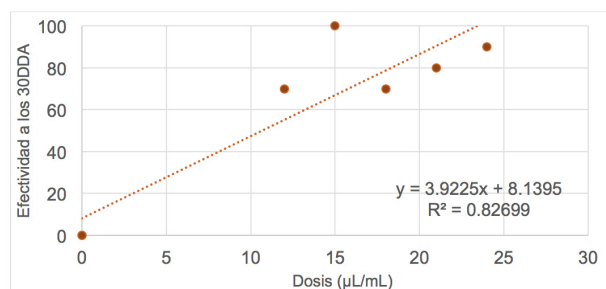


Figura 4 - Curva dosis-respuesta de la eficacia del carvacrol en *Sonchus oleraceus*.

CONCLUSIONES

-Se ha conseguido obtener una curva dosis-respuesta de carvacrol para *L. rigidum* y *S. oleraceus*. El carvacrol tiene propiedades herbicidas sobre las especies arvenses *L. rigidum* y *S. oleraceus*.

-La especie *S. oleraceus* fue más sensible al carvacrol que *L. rigidum*, ya que con dosis menores a las ensayadas en *L. rigidum* se consiguió una eficacia de 100.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ECHA (2022) - *Opinion proposing harmonised classification and labelling at EU level of glyphosate (ISO)*. European Chemicals Agency. Committee for Risk Assessment (RAC). [cit. 2024.01.15] www.echa.europa.eu
- Jouini, A.; Verdeguer, M.; Pinton, S.; Araniti, F.; Palazzolo, E.; Badalucco, L. & Laudicina, V.A. (2020) - Potential Effects of Essential Oils Extracted from Mediterranean Aromatic Plants on Target Weeds and Soil Microorganisms. *Plants*, vol. 9, n. 10, art. 1289. <https://doi.org/10.3390/plants9101289>
- Muñoz, M.; Torres-Pagán, N.; Peiró, R.; Guijarro, R.; Sánchez-Moreiras, A.M. & Verdeguer, M. (2020) - Phytotoxic Effects of Three Natural Compounds: Pelargonic Acid, Carvacrol, and Cinnamic Aldehyde, against Problematic Weeds in Mediterranean Crops. *Agronomy*, vol. 10, n. 6, art. 791. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060791>
- Norsworthy, J.; Ward, S.; Shaw, D.; Llewellyn, R.; Nichols, R.; Webster, T.; Bradley, K.W.; Frisvold, G.; Powles, S.B.; Burgos, N.R.; Witt, W.W. & Barrett, M. (2012) - Reducing the Risks of Herbicide Resistance: Best Management Practices and Recommendations. *Weed Science*, vol. 60, n. SP1, p. 31-62. <https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00155.1>
- Soltys, D.; Krasuska, U.; Bogatek, R. & Gniazdowski, A. (2013) - Allelochemicals as Bioherbicides — Present and Perspectives. In: Price, A.J. & Kelton, J.A. (Eds.) - *Herbicides - Current Research and Case Studies in Use*. InTech. <http://dx.doi.org/10.5772/56185>
- Torres-Pagán, N.; Jouini, A.; Melero-Carnero, N.; Peiró, R.; Sánchez-Moreiras, A.; Carrubba, A. & Verdeguer, M. (2023) - Effect of Different Parameters (Treatment Administration Mode, Concentration and Phenological Weed Stage) on *Thymbra capitata* L. Essential Oil Herbicidal Activity. *Agronomy*, vol. 13, n. 12, art. 2938. <https://doi.org/10.3390/agronomy13122938>
- Vats, S. (2015) - Herbicides: History, classification and genetic manipulation of plants for herbicide resistance. In: Lichtfouse, E. (Ed.) - *Sustainable Agriculture Reviews*, vol 15, Springer, p. 153-192. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09132-7_3
- Verdeguer, M.; Sánchez-Moreiras A.M. & Araniti, F. (2020a) - Phytotoxic Effects and Mechanism of Action of Essential Oils and Terpenoids. *Plants*, vol. 9, n. 11, art. 1571. <https://doi.org/10.3390/plants9111571>
- Verdeguer, M.; Torres-Pagan, N.; Muñoz, M.; Jouini, A.; García-Plasencia, S.; Chinchilla, P.; Berbegal, M.; Salamone, A.; Agnello, S.; Carrubba, A.; Cabeiras-Freijanes, L.; Regueira-Marco, L.; Sánchez-Moreiras, A.M. & Blázquez, M.A. (2020b) - Herbicidal Activity of *Thymbra capitata* (L.) Cav. *Essential Oil Molecules*, vol. 25, art. 2832. <https://doi.org/10.3390/molecules25122832>