

Control de la podredumbre radical de encinas mediante fertilizantes inorgánicos III: efecto de la aplicación al suelo de fertilizantes cálcicos y potásicos

M. S. SERRANO, P. DE VITA, P. FERNÁNDEZ-REBOLLO, M. E. SÁNCHEZ

En este trabajo se estudia el efecto de distintos compuestos de calcio (CaO, CaCO₃ y CaSO₄) y potasio (KOH y KIO₃) en la densidad de inóculo en el suelo y la infectividad de *Phytophthora cinnamomi*, el principal agente biológico que causa podredumbre radical de especies de *Quercus* en montes y dehesas del sur de España. Los productos fueron seleccionados por su eficacia en la inhibición *in vitro* de la producción de esporangios y clamidosporas de *P. cinnamomi*. Cada producto se añadió separadamente a suelo infestado con *P. cinnamomi* a las dosis habituales utilizadas en dehesas. Dos semanas después de la adición los productos, sólo los compuestos de potasio dieron lugar a una disminución significativa en la densidad de inóculo. En ese momento, los suelos fueron transferidos a macetas donde se plantaron encinas. Las plantas que crecieron en suelo infestado y no tratado mostraron altos niveles de síntomas foliares y radicales, mientras que las plantas que crecieron en suelos infestados tratados con fertilizantes (excepto KIO₃) mostraron una reducción significativa de la severidad de síntomas. Estos resultados sugieren que, junto con otras estrategias de control, se debe considerar la aplicación regular de Ca y K en dehesas para la reducción de la incidencia de esta grave enfermedad.

M. S. SERRANO, P. DE VITA, M. E. SÁNCHEZ. Dpto. Agronomía (Patología Agroforestal), Universidad de Córdoba. ag1sahem@uco.es
P. FERNÁNDEZ-REBOLLO. Dpto. Ingeniería Forestal, Universidad de Córdoba.

Palabras clave: decaimiento, dehesa, *Q. ilex* subsp. *ballota*, *Phytophthora cinnamomi*.

INTRODUCCIÓN

La encina (*Quercus ilex* spp. *ballota*) constituye la especie más importante del ecosistema forestal andaluz, la dehesa, y del sur europeo. Tanto por su importancia desde el punto de vista medioambiental, como para la economía rural de la región, se justifica ampliamente la conservación y protección de las dehesas, en especial del decaimiento (Seca) que desde hace años vienen sufriendo. En este sentido, la Junta de Andalucía promulgó la Ley 7/2010 de 14 de julio para la Dehesa (BOJA 144, 23/07/2010), que en su Artículo 18 (Medidas específicas

de Investigación, Desarrollo y Formación), fija como línea estratégica b) *Prácticas de regeneración y mantenimiento del arbolado y de lucha contra su decaimiento (la seca)*.

Como principal factor de decaimiento o seca de las encinas en la dehesa andaluza destaca la podredumbre radical causada por *Phytophthora cinnamomi*, patógeno de suelo que ocasiona su deterioro y muerte (BRASIER *et al.*, 1993; BRASIER, 1996; SÁNCHEZ *et al.*, 2002; 2003; 2006).

De acuerdo a la naturaleza del patosistema *Quercus/Phytophthora*, algunas de las medidas de control habituales en otros ecosistemas, como el establecimiento de cua-

rentenas, no resultan viables en las dehesas en el momento actual, ya que los suelos están altamente infestados por el patógeno, que además presenta una distribución ubicua en la región (ROMERO *et al.*, 2007). Por otra parte, los elevados costes y el carácter seminatural de la dehesa (FERNÁNDEZ y PORRAS, 1998) no recomiendan el uso generalizado de productos químicos para el control de la muerte de los *Quercus* causada por *P. cinnamomi*, sino que debe integrarse racionalmente con distintas estrategias de control biológico y cultural.

La búsqueda de suelos supresivos para *P. cinnamomi* es un método de control potencialmente aplicable en las dehesas. Estos suelos, según LINDERMAN y RIBEIRO (1991), deben de cumplir una serie de características entre las que se incluyen niveles altos de calcio (frecuentemente 20-25 meq x 100 g⁻¹) y pH de 6 a 7, que estimulan el desarrollo de microorganismos del suelo antagonistas del patógeno. En las dehesas habitualmente se llevan a cabo fertilizaciones con el fin de mejorar la producción y la composición botánica de los pastos, así como el estado vegetativo y nutritivo del arbolado (CARBONERO *et al.*, 2004). Además, los árboles con un buen contenido en calcio, son más tolerantes a la infección por *P. cinnamomi* (SERRANO *et al.*, 2010a), además de presentar un mejor desarrollo radical. También el tratamiento del aguacate (*Persea americana*) con sulfato y carbonato cálcico disminuye la susceptibilidad de la planta a *P. cinnamomi* (DUVENHAGE y KOTZÉ, 1991).

Para *Aphanomyces* se ha demostrado que cuando se aplican soluciones saturadas de CaCO₃ y CaSO₄ *in vitro*, se disminuye la producción de zoosporas (HEYMAN *et al.*, 2007). Según estudios realizados por CAMPANELLA *et al.* (2002), la aplicación a un suelo infestado por *Phytophthora nicotianae* de propionato y lactato cálcico disminuye significativamente la densidad de inóculo en el mismo. Se han obtenido resultados similares para el óxido y el carbonato cálcico, que son capaces de disminuir la capacidad

infectiva de *P. cinnamomi*, al inhibir la producción de esporangios y clamidosporas *in vitro* (SERRANO *et al.*, 2010b).

El objetivo de este trabajo ha sido la determinación del efecto que la aplicación al suelo de distintos fertilizantes cálcicos y potásicos tiene sobre la capacidad infectiva de *P. cinnamomi* en raíces de encina.

MATERIAL Y MÉTODOS

Efecto del Ca y el K en suelo infestado con *P. cinnamomi*

Se utilizaron dos aislados de *P. cinnamomi* de la colección fúngica del Departamento de Agronomía de la Universidad de Córdoba: PE90 y PA25, cada uno de ellos perteneciente a uno de los grupos genéticos descritos para los aislados de *P. cinnamomi* de *Quercus* en el sur de la Península Ibérica (CAETANO *et al.*, 2009).

Se evaluó el efecto que los compuestos de calcio y potasio tienen sobre los propágulos de *P. cinnamomi* en el suelo. Se seleccionaron cinco compuestos que mostraron su efectividad en cuanto a la inhibición de la producción de esporangios (SERRANO *et al.*, 2010b) y la formación de zoosporas en experimentos *in vitro*: CaO, CaCO₃, CaSO₄, KOH y KIO₃. Se infestó suelo (turba-arena 6:1 v/v) con clamidosporas de los dos aislados de *P. cinnamomi*. Para la preparación del inóculo, cada aislado se sembró separadamente en placas de Petri conteniendo cada una 20 ml de extracto líquido de zanahoria (DHINGRA y SINCLAIR, 1995). Las placas se incubaron durante 4 semanas en oscuridad a 22 °C. Transcurrido este tiempo, el líquido se filtró en condiciones asépticas y el micelio de ambos aislados se suspendió en agua destilada estéril y se batió durante 3 min. Se realizó un conteo en cámara Neubauer y se ajustó la concentración de clamidosporas (650 clamidosporas x g⁻¹ de suelo seco). Se prepararon tres repeticiones por tratamiento (recipientes de plástico de 35 x 33 x 14 cm con tapa hermética) con 10 L de

suelo infestado cada una, más los correspondientes controles sin tratar. Se humedeció el sustrato mediante la adición de agua del grifo hasta capacidad de campo. Los recipientes se cerraron herméticamente y se incubaron a 24 ± 2 °C (12 h) y 18 ± 2 °C (12 h) y en oscuridad durante 1 semana. Transcurrido este tiempo, se añadieron los distintos compuestos de calcio y potasio a una concentración de 600 ppm de Ca^{2+} y 50 ppm de K^+ , más un testigo con 0 ppm de ambos iones. Se midió el pH de cada bandeja mediante la suspensión de 10 g de suelo en 30 ml de agua destilada y desionizada (ADD) (KALRA y MAYNARD, 1991) utilizando un pHmetro CRISON, GLP21.

Semanalmente se tomaron muestras de suelo en las cuales se evaluó la supervivencia de las clamidosporas. Se extrajeron columnas de suelo utilizando un tubo estéril de 2,5 cm de diámetro (50 ml de volumen aproximadamente). Cada muestra de suelo se secó al aire y se tamizó (2 mm de tamaño de poro). Posteriormente las muestras se procesaron mediante la extensión de alcúotas de suspensión de suelo en el medio selectivo para *Phytophthora* NARPH (ROMERO *et al.*, 2007). Las colonias obtenidas se identificaron mediante la observación al microscopio invertido de las estructuras características de *P. cinnamomi* (hinchazones hifales) (ROMERO *et al.*, 2007; CAETANO *et al.*, 2009) y se contabilizaron. Los resultados se expresaron como ufc x g^{-1} (unidades formadoras de colonia por gramo de suelo seco). Para el análisis estadístico de los datos, los valores obtenidos se transformaron según la expresión $(\text{ufc} \times \text{g}^{-1} + 0,5)^{1/2}$ y se les aplicó un análisis de varianza, comparando los valores medios mediante el test LSD de Fisher para $P < 0,05$ (STEEL y TORRIE, 1985).

Efecto del Ca y el K en la infectividad de *P. cinnamomi* en planta

Se evaluó la capacidad infectiva de *P. cinnamomi* en plantones de encina de 18 meses

de edad trasplantados al suelo tratado con los distintos compuestos de calcio y potasio. Se utilizó el suelo procedente del experimento anterior tras 2 semanas de incubación después de añadir los productos de calcio y potasio.

Para la inoculación, cada planta se sacó de su contenedor original y se transfirió a una maceta de plástico con 3 L de sustrato con los distintos tratamientos. Se prepararon 10 repeticiones (plantas) por producto ensayado, más un lote de 10 plantas en suelo infestado y sin tratamiento (Testigo 1) y otro lote creciendo en suelo no infestado y no tratado (Testigo 0). Todas las macetas se colocaron en el interior de bandejas de plástico (40 L de capacidad) y se incubaron en invernadero climatizado (25 ± 2 °C diurnos y 10 ± 2 °C nocturnos). Se regaron las macetas y se pulverizó la parte aérea de las encinas para evitar en lo posible el estrés del trasplante. Una semana tras el trasplante, cada bandeja se llenó parcialmente con agua del grifo (hasta unos 4-6 cm por debajo de la superficie del sustrato) (SÁNCHEZ *et al.*, 2002; 2005), manteniendo el encharcamiento del sustrato durante 2 días por semana (SÁNCHEZ *et al.*, 2005) (Figura 1). A las 8 semanas se dio por terminado el experimento.

Al término del ensayo se evaluó la severidad de síntomas foliares y radicales mediante una escala 0-4 según el porcentaje de hojas amarillas o marchitas y el porcentaje de podredumbre radical (0 = 0-10% de tejido sintomático, 1 = 11-33%, 2 = 34-66%, 3 = más del 67%, 4 = parte aérea o radical muerta) (SÁNCHEZ *et al.*, 2002; 2005).

Los datos obtenidos se analizaron mediante un ANOVA y los valores medios se compararon entre sí y con los testigos mediante el test LSD de Fisher (STEEL y TORRIE, 1985) para $P < 0,05$.

Además, al término del experimento las raicillas de las plantas inoculadas y testigo se lavaron al chorro de agua y se sembraron en placas conteniendo el medio selectivo NARPH para el reaislamiento del patógeno inoculado.



Figura 1. Plantas de encina inoculadas con *P. cinnamomi* y tratadas con CaSO_4 sometidas a encharcamiento periódico del sustrato

RESULTADOS

Efecto del Ca y el K en suelo infestado con *P. cinnamomi*

Los valores de pH de cada uno de los suelos tratados fueron similares al testigo (pH = 5,5-6).

En la Figura 2 aparece la progresión temporal de la densidad de inóculo a lo largo del ensayo expresada como unidades formadoras de colonia por gramo de suelo seco ($\text{ufc} \times \text{g}^{-1}$). En el primer muestreo ya se observan diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. En el sustrato tratado con CaO el número de $\text{ufc} \times \text{g}^{-1}$ es significa-

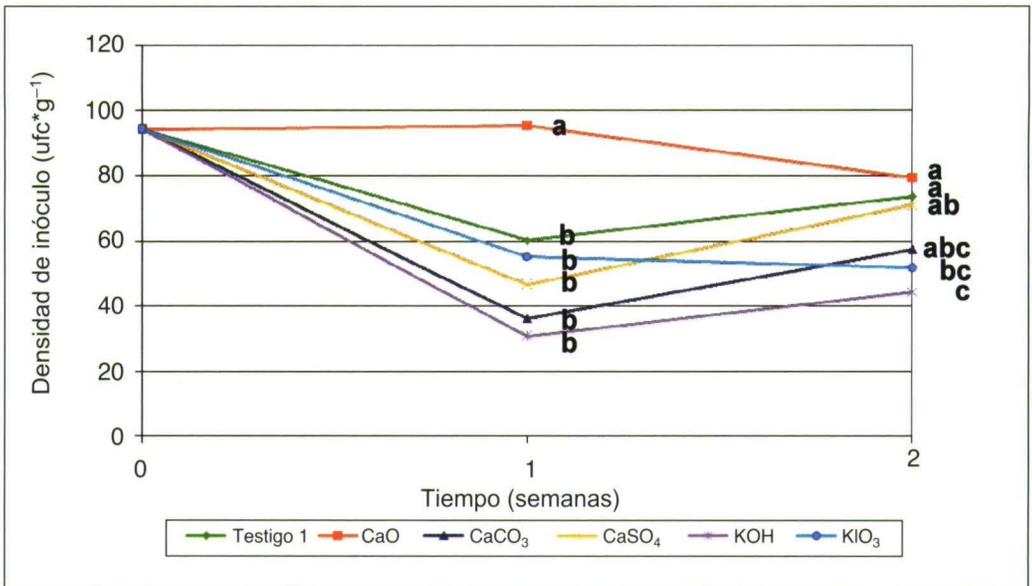


Figura 2. Progresión temporal de los valores medios de densidad de inóculo en suelo en presencia de los compuestos de calcio y potasio ensayados. Letras distintas indican diferencias significativas según el test LSD de Fisher para $P < 0,05$

tivamente más elevado que en el resto de los tratamientos, incluido el testigo, y además se mantiene prácticamente constante durante todo el ensayo. En el segundo muestreo únicamente los compuestos de potasio, KIO_3 y KOH , dieron lugar a una densidad de inóculo significativamente menor que el testigo. Los tratamientos con calcio no difirieron del testigo.

Efecto del Ca y el K en la infectividad de *P. cinnamomi* en planta

Ocho semanas tras el primer periodo de encharcamiento, todas las plantas testigo inoculadas (Testigo 1) mostraron síntomas de enfermedad: en la parte aérea de la planta se produjo falta de crecimiento, amarillez, desecación y marchitez foliar y en la parte radical podredumbre y/o ausencia de raici-

llas absorbentes (Figura 3). Esta sintomatología no se observó en las plantas que crecían en sustrato libre de *P. cinnamomi* (Testigo 0).

Los valores medios de severidad de síntomas aéreos al final del ensayo aparecen representados en la Figura 4. Todas las plantas inoculadas presentan una severidad de síntomas aéreos significativamente mayores que el testigo sin inocular, pero las plantas incubadas en suelo tratado con KOH , $CaCO_3$, $CaSO_4$ y CaO presentan síntomas aéreos significativamente menores que el testigo inoculado. Sin embargo, las encinas que crecieron en suelo tratado con KIO_3 presentaron severidades de síntomas aéreos similares a los del testigo inoculado, si bien las hojas afectadas presentaron una clorosis generalizada (Figura 5) distinta a la marchitez mostrada por las plantas testigo infectadas y no tratadas.



Figura 3. Severidad de síntomas radicales en plantas de encina inoculadas con *P. cinnamomi* y tratadas con CaO

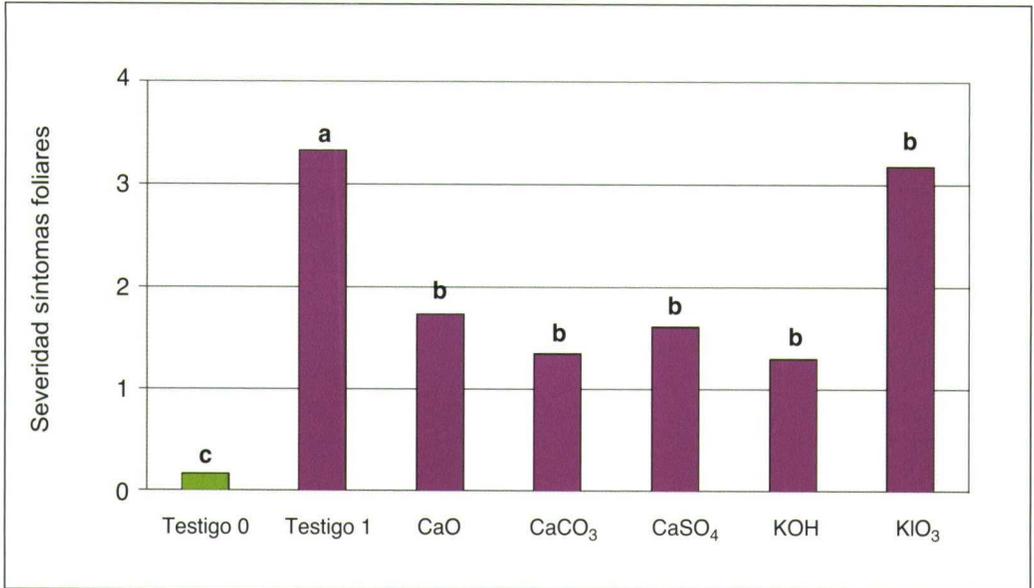


Figura 4. Valores medios de la severidad de síntomas foliares en las encinas inoculadas con *P. cinnamomi* en función del compuesto de calcio o potasio aplicado, según la escala 0-4 (0=0% tejido sintomático, 1= 10-33%, 2= 34-66%, 3= más del 67%, 4= planta muerta). Letras distintas indican diferencias significativas según el test LSD de Fisher para $P < 0,05$



Figura 5. Planta de encina creciendo en suelo tratado con KIO₃ e infestado con *P. cinnamomi*, mostrando clorosis generalizada

En la Figura 6 aparecen los valores medios de severidad de síntomas radicales para los distintos tratamientos ensayados. De nuevo, la severidad de síntomas es significativamente mayor para las plantas inoculadas en comparación con los testigos creciendo en sustrato libre de *P. cinnamomi*. En cuanto a las plantas inoculadas, las tratadas con KOH, CaCO₃, CaSO₄ y CaO presentan una severidad de síntomas radicales significativamente menor que el testigo inoculado sin tratar. El KIO₃ dio lugar a una severidad de síntomas (muerte radical) intermedia-alta, no mostrando diferencias significativas con respecto a los testigos inoculados.

Phytophthora cinnamomi se reaisló de todas las muestras de raicillas absorbentes procedentes de las plantas que crecieron en sustrato infestado (tratado con los distintos compuestos ensayados o testigo no tratado). La frecuencia de reaislamiento, expresada como porcentaje de segmentos de raíz que dieron lugar a una colonia de *P. cinnamomi* en NARPH varió del 5 al 42%. En ningún

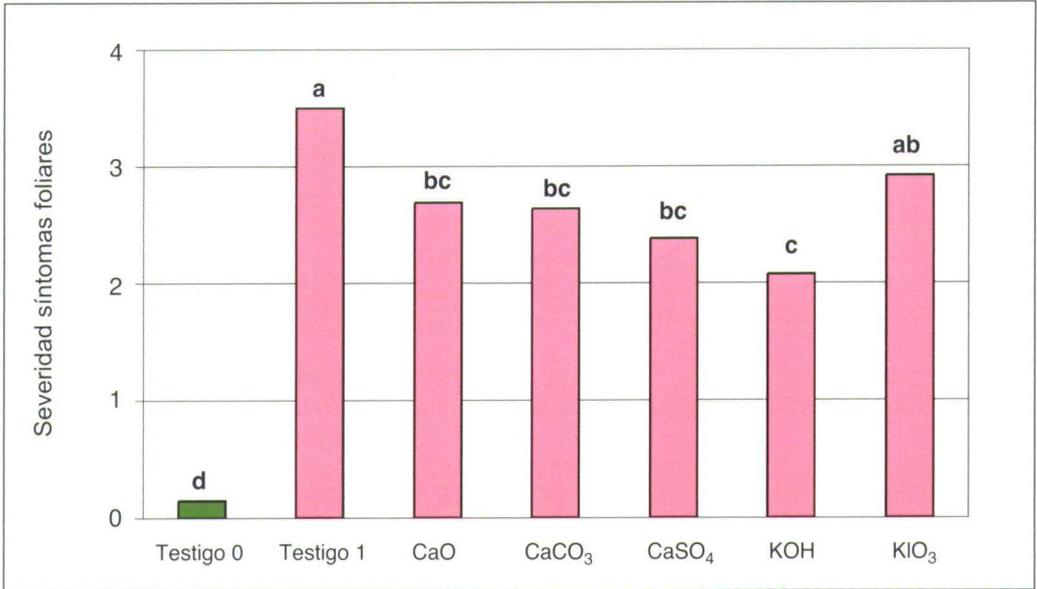


Figura 6. Valores medios de la severidad de síntomas radicales en las encinas inoculadas con *P. cinnamomi* en función del compuesto de calcio o potasio aplicado, según la escala 0-4 (0= 0% tejido sintomático, 1= 10-33%, 2= 34-66%, 3= más del 67%, 4= planta muerta). Letras distintas indican diferencias significativas según el test LSD de Fisher para $P < 0,05$

caso se realsó el patógeno a partir de las raicillas de las plantas testigo sin inocular.

DISCUSIÓN

En trabajos previos se determinó que el CaO y el CaCO₃ dan lugar a una inhibición *in vitro* de la producción de esporangios y clamidosporas de *P. cinnamomi* del 100% (SERRANO *et al.*, 2010b). Sin embargo, la aplicación de estos productos al suelo previamente infestado con clamidosporas del patógeno, no logra inhibir su germinación, detectada como producción de colonias en placas de Petri. Resultados similares obtienen CAMPANELLA *et al.* (2002) para *P. nicotianae* al aplicar óxido, carbonato, propionato, sulfato o cloruro cálcico al suelo.

Se ha demostrado que la aplicación de productos de calcio al suelo aumenta los niveles disponibles de este ión, permitiendo una mejor nutrición cálcica de la planta y

una mayor tolerancia a la infección por *Phytophthora* spp. (SUGIMOTO *et al.*, 2007, SERRANO *et al.*, 2010a). Además, el mayor nivel de calcio en el suelo dificulta el desarrollo de este tipo de patógenos, convirtiendo el sustrato en un suelo supresivo para *Phytophthora* (LINDERMAN y RIBEIRO, 1991).

En el medio natural, *P. cinnamomi* se encuentra como esporas de resistencia en el suelo (clamidosporas) que cuando germinan producen esporangios que a su vez germinarán liberando las zoosporas infectivas (ERWIN y RIBEIRO, 1996). Aunque en nuestros experimentos la aplicación de CaO y CaCO₃ al suelo no impidió la germinación de las clamidosporas preexistentes, sí ha inhibido la producción de esporangios y/o su germinación, disminuyendo la infectividad del patógeno y dando lugar a una menor severidad de síntomas de la enfermedad. Iguales resultados se han obtenido con el CaSO₄, a pesar de su menor capacidad de inhibición

in vitro de la producción de esporangios (SERRANO *et al.*, 2010b). También la aplicación de KOH al suelo ha resultado efectiva, disminuyendo la capacidad infectiva de *P. cinnamomi* en raíz de encina, pero es un compuesto difícil de aplicar en la dehesa. Por otro lado, el KIO₃ aunque es un compuesto eficaz *in vitro* (SERRANO *et al.*, 2010b), resultó tóxico para las plantas a la dosis ensayada, induciendo una clorosis generalizada que dio lugar a un deterioro similar al de las plantas infectadas que crecieron en suelo no tratado.

En conclusión, la aplicación de compuestos de calcio al suelo, concretamente CaCO₃, CaO y CaSO₄, se debe considerar como una medida paliativa de los efectos que supone la podredumbre radical causada por *P. cinnamomi* en dehesas de encina. La aplicación de enmiendas calizas en dehesas supone no sólo una mejora de la nutrición de las plantas, aumentando su nivel de tolerancia a la infección (SERRANO *et al.*, 2010a), sino que actúa directamente sobre la producción de esporangios del patógeno en el suelo, disminuyendo la tasa de infecciones y, por lo tanto, la sintomatología de la enfermedad radical causada por *P. cinnamomi*.

mom en dehesas de encina. La aplicación de enmiendas calizas en dehesas supone no sólo una mejora de la nutrición de las plantas, aumentando su nivel de tolerancia a la infección (SERRANO *et al.*, 2010a), sino que actúa directamente sobre la producción de esporangios del patógeno en el suelo, disminuyendo la tasa de infecciones y, por lo tanto, la sintomatología de la enfermedad radical causada por *P. cinnamomi*.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (proyecto AGL2009-00530) y la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.

ABSTRACT

SERRANO, M. S., P. DE VITA, P. FERNÁNDEZ-REBOLLO, M. E. SÁNCHEZ. 2011. Control of the root rot of holm oaks by inorganic amendments III: effect of soil application of calcium and potassium amendments. *Bol. San. Veg. Plagas*, **37**: 119-127.

We studied the effect of various calcium (CaO, CaCO₃ and CaSO₄) and potassium products (KIO₃ and KOH) on the inoculum density in the soil and infectivity of *Phytophthora cinnamomi*, the main biological agent causing root rot on *Quercus* species in oak-rangelands ecosystems in southern Spain. Products were chosen by their known effectiveness on inhibition of *P. cinnamomi* sporangial and chlamydospore production. The chemicals were added separately to soil infested with *P. cinnamomi* at the usual doses used in rangelands. Two weeks after chemicals addition, only potassium products produced a significant decrease on inoculum densities. At that time, soils were transferred to pots and holm oak seedlings were planted. Plants growing in infested and untreated soil showed high levels of foliar and root symptoms, whereas plants growing in soil treated with fertilizers (exception made with KIO₃) showed a significant reduction of symptom severities. These results suggest that, together with other control strategies, the regular application of Ca and K fertilization in oak rangelands should be considered for reduction of the incidence of this severe disease.

Keywords: Oak decline, *Q. ilex* subsp. *ballota*, rangeland, *Phytophthora cinnamomi*.

REFERENCIAS

- BRASIER, C. M. 1996. *Phytophthora cinnamomi* and oak decline in southern Europe. Environmental constraints including climate change. *Ann. Sci. For.*, **53**: 347-358.
- BRASIER, C. M., ROBREDO, F., FERRAZ, J. F. P. 1993. Evidence for *Phytophthora cinnamomi* involvement in Iberian oak decline. *Plant Pathol.*, **42**: 140-145.
- CAETANO, P., ÁVILA, A., SÁNCHEZ, M. E., TRAPERO, A., COELHO, A. C. 2009. *Phytophthora cinnamomi* populations on *Quercus* forests from Spain and Portugal. En: *Phytophthoras in Forests and Natural Ecosystems*. USDA-Forest Service. General Technical Report PSW-GTR-221: 261-269.
- CAMPANELLA, V., IPPOLITO, A., NIGRO, F. 2002. Activity of calcium salts in controlling *Phytophthora* root rot of citrus. *Crop Prot.*, **21**: 751-756.
- CARBONERO, M. D., BLÁZQUEZ, A., FERNÁNDEZ, P. 2004. Producción de fruto y grado de defoliación como indicadores de vigor en *Quercus ilex* y *Quercus suber*. Influencia de diferentes condiciones edáficas.

- ficas en su evolución, pp. 715-720. En: GARCÍA CRIADO, B., GARCÍA CIUDAD, A., VÁZQUEZ DE ALDANA, B., ZABALGOGUEAZCOA, I. (Eds). Pastos y ganadería extensiva. CSIC. Salamanca.
- DHINGRA, O. D., SINCLAR, J. B. 1995. *Basic plant pathology methods*. Boca Raton, FL, USA, CRC Press.
- DUVENHAGE, J. A., KOTZÉ, J. M. 1991. The influence of calcium on saprophytic growth and pathogenicity of *Phytophthora cinnamomi* and on resistance of avocado to root rot. *South African Avocado Growers Association Yearbook*, **14**: 13-14.
- ERWIN, D. C., RIBEIRO, O. K. 1996. *Phytophthora diseases worldwide*. APS Press, St. Paul, MN.
- FERNÁNDEZ, P., PORRAS, C. 1998. La dehesa. Algunos aspectos para la regeneración del arbolado. Informaciones técnicas 58/98. Dirección General de Investigación y Formación Agraria. Servicio de Publicaciones y Divulgación. Sevilla.
- HEYMAN, F., LINDAHL, B., PERSSON, L., WIKSTRÖM, M., STENLID, J. 2007. Calcium concentrations of soil affect suppressiveness against *Aphanomyces* root rot of pea. *Soil Biol. Biochem.*, **39**: 2.222- 2.229.
- KALRA, Y. P., MAYNARD, D. G. 1991. *Methods manual for forest soil and plant analysis*. Forestry Canada, Northwest Region, Northern Forestry Centre. Edmonton, CA. pp. 116.
- LINDERMAN, R. G., RIBEIRO, O. K. 1991. Chemical and Biological control of *Phytophthora* species in woody plants. Ed. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- ROMERO, M. A., SÁNCHEZ, J. E., JIMÉNEZ, J. J., BELBAHRI, L., TRAPERO, A., LEFORT, F., SÁNCHEZ, M. E. 2007. New *Pythium* taxa causing root rot on Mediterranean *Quercus* species in southwest Spain and Portugal. *J. Phytopathol.*, **155**: 289-295.
- SÁNCHEZ, M. E., CAETANO, P., FERRAZ, J., TRAPERO, A. 2002. *Phytophthora* disease of *Quercus ilex* in southwestern Spain. *For. Path.*, **32**: 5-18.
- SÁNCHEZ, M. E., SÁNCHEZ, J. E., NAVARRO, R. M., FERNÁNDEZ, P., TRAPERO, A. 2003. Incidencia de la podredumbre radical causada por *Phytophthora cinnamomi* en masas de *Quercus* en Andalucía. *Bol. San. Veg. Plagas*, **29**: 87-108.
- SÁNCHEZ, M. E., ANDICOBERRY, S., TRAPERO, A. 2005. Pathogenicity of three *Phytophthora* spp. causing late seedling rot of *Quercus ilex* ssp. *ballota*. *For. Path.*, **35**: 115-125.
- SÁNCHEZ, M. E., CAETANO, P., ROMERO, M. A., NAVARRO, R. M., TRAPERO, A. 2006. *Phytophthora* root rot as the main factor of oak decline in southern Spain. En: *Progress in Research on Phytophthora Diseases of Forest Trees*. Brasier C, Jung T, Oßwald W (Eds). Farnham, UK: 149-154.
- SERRANO, M. S., DE VITA, P., CALLIER, P., SÁNCHEZ, M. E., TRAPERO, A., FERNÁNDEZ-REBOLLO, P. 2010a. Influencia de la nutrición cálcica y potásica en la susceptibilidad de la encina a *Phytophthora cinnamomi*. XV Congreso Nacional de la SEF. Vitoria.
- SERRANO, M. S., DE VITA, P., FERNÁNDEZ-REBOLLO, P., TRAPERO, A., SÁNCHEZ, M. E. 2010b. Efecto *in vitro* del calcio y potasio en la producción de esporangios de *Phytophthora cinnamomi*. XV Congreso Nacional de la SEF. Vitoria.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. 1985. *Bioestadística: Principios y procedimientos*. McGraw-Hill, Bogotá.
- SUGIMOTO, T, WATANABE, K., YOSHIDA, S., AINO, M., MATSUYAMA, M., MAEKAWA, K., IRIE, K. 2007. The effects of inorganic elements on the reduction of *Phytophthora* stem rot disease of soybean, the growth rate and zoospore release of *Phytophthora sojae*. *J. Phytopathol.*, **155**: 97-107.

(Recepción: 15 octubre 2010)

(Aceptación: 28 febrero 2011)