

Control de la podredumbre radical de encinas mediante fertilizantes inorgánicos I: influencia de la nutrición cálcica y potásica en la tolerancia a la infección por *Phytophthora cinnamomi*

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

El decaimiento sufrido por las especies de *Quercus* en el suroeste peninsular está originando una importante mortalidad de encinas en dehesas, debida fundamentalmente al patógeno de suelo *Phytophthora cinnamomi*, causante de podredumbre radical. Una posibilidad de control de la enfermedad consiste en aumentar la tolerancia al patógeno mediante una buena nutrición mineral. En este trabajo se ha testado la susceptibilidad a *P. cinnamomi* de plantones de encina normales, deficientes en K y deficientes en Ca. Las encinas deficientes en K mostraron niveles de Ca superiores a lo normal, y se mostraron tolerantes a la enfermedad. La deficiencia en Ca, sin embargo, no se tradujo en un mayor nivel de K y además indujo un pobre desarrollo radical, no apreciándose ningún efecto positivo en la resistencia al patógeno. En base a estos resultados, se concluye que una buena nutrición cálcica puede conferir a las encinas una mayor tolerancia a la enfermedad radical causada por este oomiceto. Por este motivo, cabe recomendar las enmiendas calizas como medida de control contra la podredumbre radical causada por *P. cinnamomi* en las dehesas del sur de España.

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*.

INTRODUCCIÓN

Entre las enfermedades asociadas al decaimiento o Seca de los *Quercus* en la Península Ibérica, destaca por su gravedad la podredumbre radical causada por *Phytophthora cinnamomi* (BRASIER, 1996; GALLEGO *et al.*, 1999; SÁNCHEZ *et al.*, 2002; 2003). Este patógeno tiene una amplia gama de huéspedes leñosos, pero en general no infecta especies herbáceas (ERWIN y RIBEIRO, 1996), aunque algunas especies del género *Lupinus* también resultan susceptibles (GROSE y HAINSWORTH, 1992; ERWIN y RIBEIRO, 1996; SERRANO *et al.*, 2009). *Phytophthora cinnamomi* causa la muerte masi-

va de raíces absorbentes, reduciendo la capacidad del árbol de absorber agua y nutrientes, ocasionando síntomas foliares parecidos a los de la sequía (SÁNCHEZ *et al.*, 2002).

Numerosas características convierten a *P. cinnamomi* en un patógeno difícil de controlar (ERWIN y RIBEIRO, 1996): amplio número de huéspedes, capacidad para sobrevivir en plantas asintomáticas, capacidad para invadir el perfil del suelo hasta profundidades considerables y una rápida capacidad de diseminación en suelos mal drenados o encharcados. En cultivos agrícolas se utilizan toda una serie de medidas para controlar a este patógeno: higiene en el manejo de vive-

ros, cuarentenas, rotación de cultivos, utilización de variedades o patrones resistentes; mejora de los drenajes, control químico y control biológico (RIBEIRO, 1978).

Uno de los posibles métodos de control de la enfermedad en encinas sería la dotación a la planta susceptible de cierta tolerancia o resistencia a la infección por *P. cinnamomi*. Aunque no hay datos sobre el patosistema *Quercus* – *P. cinnamomi*, según estudios realizados por DUVENHAGE y KOTZÉ (1991), el calcio incrementa la resistencia de las plantas de aguacate a la podredumbre radical causada por este patógeno, haciendo al árbol más resistente a la infección (efecto preventivo) o disminuyendo la expansión de *P. cinnamomi* por la planta, una vez que la infección ha tenido lugar (efecto curativo). También en el patosistema soja – *Phytophthora sojae*, las plantas con una buena nutrición cálcica son menos susceptibles a la infección que las que son deficientes en este nutriente (SUGIMOTO *et al.*, 2005). Resultados similares encontramos en otros patosistemas, como ocurre para *Phytophthora parasitica* (VON BROEMSEN y DEACON, 1997), *Phytophthora nicotianae* en cítricos (CAMPANELLA *et al.*, 2002) o en el patosistema *Aphanomyces* – guisante (HEYMAN *et al.*, 2007). Sin embargo, en el patosistema *Phytophthora cactorum* – abedul, una alta concentración de calcio en los troncos no es suficiente para frenar la infección (LILJA *et al.*, 2007).

En algunas dehesas se llevan a cabo fertilizaciones fosfóricas de los pastos utilizándose principalmente superfosfato de cal, que no sólo da lugar a un aumento en la producción y a una mejora en la composición botánica de los pastos, sino que repercute positivamente en el estado vegetativo y nutritivo del arbolado (CARBONERO *et al.*, 2004) y podría también traducirse en una reducción de los síntomas de la enfermedad. En prospecciones realizadas en dehesas andaluzas, se ha constatado que los árboles infectados por *P. cinnamomi* con fuerte grado de defoliación, recuperan en menor tiempo su copa cuando vegetan en suelos que tienen unas

dotaciones normales o altas de potasio y calcio (CARBONERO *et al.*, 2004).

Estos antecedentes sugieren que una buena nutrición cálcica y potásica podría resultar una herramienta de control para evitar la infección o disminuir su incidencia cuando se produce. Sin embargo, aún es necesario concretar muchos aspectos y de aquí surge el objetivo de este estudio: la evaluación de la influencia de la nutrición cálcica y potásica en la posible tolerancia-resistencia de la encina a la podredumbre radical causada por *P. cinnamomi*.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material vegetal utilizado en los ensayos consistió en encinas (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) del tipo *rotundifolia* (VÁZQUEZ *et al.*, 1992), procedentes de bellotas recogidas en distintas fincas del término municipal de Cardena (Córdoba). Las plantas se obtuvieron en el mes de diciembre de 2007 a partir de la siembra de semillas pregerminadas en bandejas de plástico (57 x 41 x 9 cm) con perlita expandida (*Otavi Iberica S.L.u.*) e incubadas en cámara de cultivo con 14 h diarias de luz, 80% de humedad relativa y una temperatura constante de 22 °C, regándose según necesidad con agua destilada y desionizada (ADD). Dos meses más tarde (febrero de 2008), se procedió al trasplante de las bellotas germinadas a alvéolos quickpot (bandejas de 48 x 29 x 18 cm con 40 alvéolos de 300 cm³ cada uno) rellenos con medio inerte de vermiculita, cultivándose en umbráculo y regándose tres veces por semana con ADD hasta mayo (temperaturas medias de 12,9 ± 6,8 °C en febrero, a 18,6 ± 6,5 °C en mayo). Se obtuvieron tres lotes de 20 plantas cada uno. A partir de mayo de 2008, cada lote de plantas se regó con distintas soluciones salinas como fuente de nutrientes. Un primer lote de 20 plantas se regó con una concentración normal de calcio y potasio: solución de Hoagland (HOAGLAND y ARNON, 1950), el segundo lote se regó con solución salina con baja concentra-

ción de calcio y el tercer lote con una solución con baja concentración de potasio (Cuadro 1). Una vez por semana se aportaron 50 ml de solución salina por planta, más otros dos riegos semanales con 50 ml de ADD. Las plantas permanecieron en umbráculo hasta el mes de julio de 2008, cuando debido a las altas temperaturas registradas (media de 36,5 °C) se trasladaron a cámara de cultivo con una temperatura constante de 22 ± 2 °C diurnos y 18 ± 2 °C nocturnos, regándose solamente una vez por semana con 50 ml de las soluciones salinas. Las plantas se mantuvieron en estas condiciones hasta el mes de octubre de 2008 (10 meses desde la siembra de las bellotas). Transcurrido este tiempo se trasplantaron a contenedores individuales de 1L sin drenaje con sustrato inerte de vermiculita (Figura 1) y se infectaron 10 plantas por lote, dejando las otras 10 como testigo sin inocular.

La inoculación de las plantas se llevó a cabo mediante zoosporas de *P. cinnamomi*. Se utilizaron dos aislados diferentes, PE90 y PA25, procedentes de la Micoteca del Departamento de Agronomía de la Universidad de Córdoba, correspondientes a los dos grupos

morfológicos y genéticos descritos (SÁNCHEZ *et al.*, 2006, CAETANO *et al.*, 2009). Para la producción de zoosporas se transfirieron discos de agar de 2 cm de diámetro a placas de Petri. Los discos se obtuvieron de cultivos en CA (Agar-Zanahoria) (DHINGRA y SINCLAR, 1995) incubados durante 4 días en oscuridad. A estas placas se les añadió extracto de suelo no estéril (RIBEIRO, 1978) hasta el margen de los discos (CAETANO, 2007). Las placas así preparadas se incubaron bajo luz fluorescente constante durante 72 h a 25° C. Transcurrido este tiempo, se sometieron a un choque frío (4-5 °C) de 20 min, para favorecer la liberación de las zoosporas (CAETANO, 2007). Tras volver los cultivos a temperatura ambiente se realizó un conteo de las zoosporas producidas en cámara Neubauer y se ajustó la concentración final a 2,5 x 10³ zoosporas x ml⁻¹, concentración que se ha mostrado eficaz para la infección de raíz de encinas en trabajos previos (CAETANO, 2007). A cada maceta se le añadieron 100 ml de suspensión de zoosporas (2,5 x 10⁵ zoosporas). A las plantas testigo se le añadieron 100 ml del mismo extracto de suelo no estéril, pero sin zoosporas del patógeno.

Cuadro 1. Composición de las soluciones nutritivas empleadas en el ensayo

Compuesto	Solución normal (Hoagland)	Solución deficiente en Ca	Solución deficiente en K
Ca(NO ₃) ₂	5 mM	–	5 mM
Ca(H ₂ PO ₄) ₂	0,5 mM	–	0,5 mM
MgSO ₄	2 mM	2 mM	2 mM
KCl	5 mM	–	0,05 mM
NaNO ₃	–	5 mM	–
KH ₂ PO ₄	–	1 mM	–
KNO ₃	–	5 mM	–
BO ₃ H ₃	25 µM	25 µM	25 µM
MnSO ₄	2 µM	2 µM	2 µM
ZnSO ₄	2 µM	2 µM	2 µM
CuSO ₄	0,5 µM	0,5 µM	0,5 µM
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄	0,4 µM	0,4 µM	0,4 µM
Fe-EDDHA	20 µM	20 µM	20 µM



Figura 1. Encinas regadas con la solución deficiente en potasio al final del ensayo

Durante el resto del experimento las plantas se siguieron regando una vez por semana con 50 ml de las correspondientes soluciones salinas.

El ensayo se dio por concluido cuando alguno de los lotes mostró marchitez y/o defoliación en toda la parte aérea. En ese momento se evaluó el nivel de daños aéreos de las plantas mediante una escala de 0-4 según el porcentaje de hojas amarillas o marchitas (0 = 0% de tejido sintomático, 1 = 10-33%, 2 = 34-66%, 3 = más del 67%, 4 = parte aérea muerta) (SÁNCHEZ *et al.*, 2002; 2005). Las plantas se extrajeron de sus contenedores y se evaluó el nivel de daños radicales mediante una escala similar a la empleada anteriormente (SÁNCHEZ *et al.*, 2002; 2005).

La infectividad del patógeno se evaluó mediante la cuantificación de su presencia

en las raicillas absorbentes. Para ello, las raíces de las plantas se lavaron al chorro de agua durante 2 h, se cortaron segmentos de raíz de unos 4-5 mm de longitud y se sembraron en condiciones asépticas en placas de Petri conteniendo el medio selectivo para *Phytophthora* NARPH (ROMERO *et al.*, 2007). Se sembraron tres placas por tratamiento, incluyendo los testigos y se incubaron en cámara de crecimiento durante 5 días a 22 °C en oscuridad. Al cabo de ese tiempo, las colonias obtenidas se identificaron mediante la observación directa de sus estructuras vegetativas características (hinchazones hifales) al microscopio invertido (ERWIN y RIBEIRO, 1996, SÁNCHEZ *et al.*, 2003, ROMERO *et al.*, 2007).

Se determinó la concentración en calcio y potasio en muestras de hoja de las plantas

inoculadas y testigo sometidas a los distintos tratamientos nutricionales mediante análisis llevados a cabo en el Laboratorio Agrario de Córdoba (método espectrofotométrico para la determinación del contenido de calcio en hoja y método fotométrico para el potasio), para correlacionar los niveles reales de estos nutrientes en el tejido vegetal con la susceptibilidad-resistencia a la infección.

Análisis estadísticos

Los datos correspondientes a la severidad de síntomas aéreos y radicales se analizaron mediante un ANOVA. Para la comparación de valores medios se utilizó el test protegido de Fisher a un nivel de probabilidad de 0,05 (STEEL y TORRIE, 1985). Los datos fueron analizados con el programa Statistix (Analytical Software, Tallase, USA).

RESULTADOS

Los valores registrados de concentración de calcio en hoja entre plantas inoculadas y testigo para cada lote sometido a distinto régimen nutricional fueron similares (Figura 2). En el caso de las plantas regadas con la solución deficiente en potasio, tanto inoculadas como testigos, la concentración de calcio en hoja fue notablemente mayor que en el resto (Figura 2).

La concentración de potasio en hoja para las encinas sometidas a distintas soluciones nutritivas aparece en la Figura 3. En general, las encinas regadas con la solución deficiente en K presentan valores de potasio en hoja de casi la mitad que las regadas con la solución normal y la deficiente en Ca. No se aprecia aumento en K en las tratadas con la solución deficiente en Ca (Figura 3).

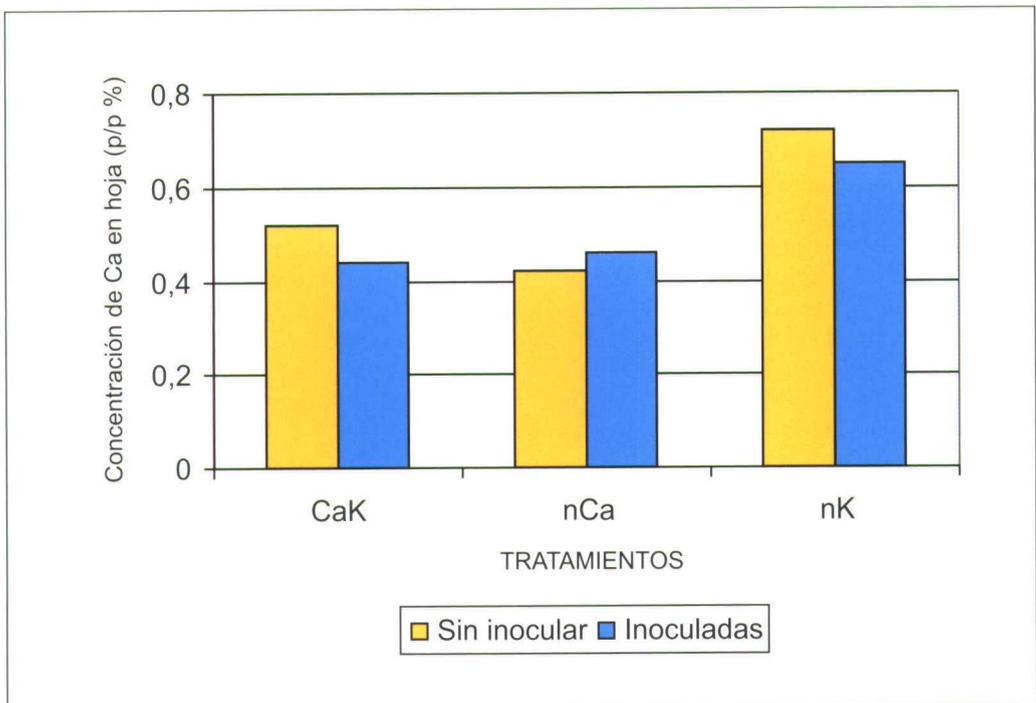


Figura 2. Concentración de calcio en hojas al final del ensayo según el tipo de nutrición que ha recibido la planta [CaK = solución de Hoagland (normal), nCa = solución deficiente en Ca, nK = solución deficiente en K]

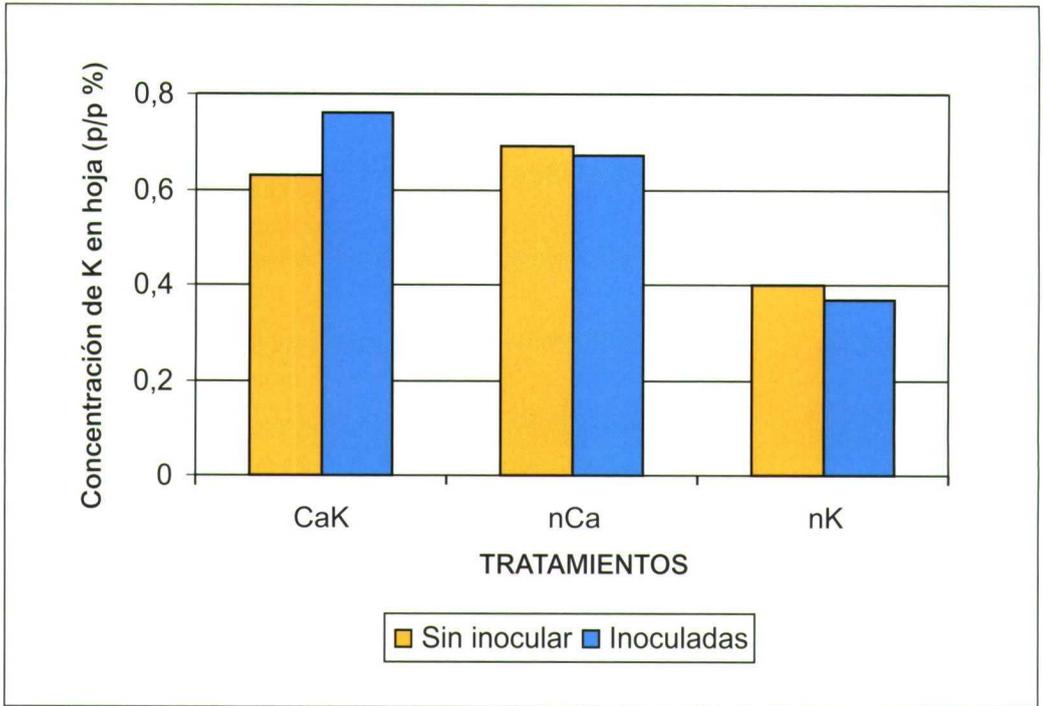


Figura 3. Concentración de potasio en hojas al final del ensayo según el tipo de nutrición que ha recibido la planta [CaK = solución de Hoagland (normal), nCa = solución deficiente en Ca, nK = solución deficiente en K]

Al término del experimento, todas las plantas inoculadas mostraban síntomas de enfermedad a nivel aéreo y radical. Los síntomas foliares consistieron en amarillez, marchitez de las hojas y en algunas ocasiones, defoliación de la planta. El sistema radical aparecía reducido a causa de la necrosis y pérdida de raicillas absorbentes.

El nivel de daños aéreos aparece en la Figura 4. El análisis de varianza mostró que el nivel de daños aéreos no difiere entre plantas inoculadas y plantas testigo. Sin embargo, para cada tratamiento nutricional individualizado, el nivel de daños radicales es significativamente mayor en las plantas inoculadas con respecto a las no inoculadas. El análisis global de varianza del nivel de daños radicales (Figura 5) muestra que para las encinas no inoculadas con alto nivel de calcio (regadas con solución deficiente en potasio) el nivel de daños radicales es signi-

ficativamente más bajo que el mostrado por las encinas no inoculadas sometidas a una nutrición normal (Figuras 5 y 6). Destaca también que las plantas con altos niveles de calcio (nK) e inoculadas, presentan un nivel de daños que difiere del mostrado por las plantas sometidas a nutrición deficiente en calcio, aunque similar a aquellas sometidas a un régimen de nutrición normal (Figura 5).

Para los tres tratamientos, el patógeno se reisoló de todas las plantas inoculadas y en ningún caso de las plantas testigo.

DISCUSIÓN

Numerosos estudios ponen de manifiesto el papel de una buena nutrición cálcica en el control de enfermedades causadas por distintas especies de *Phytophthora* en manzano

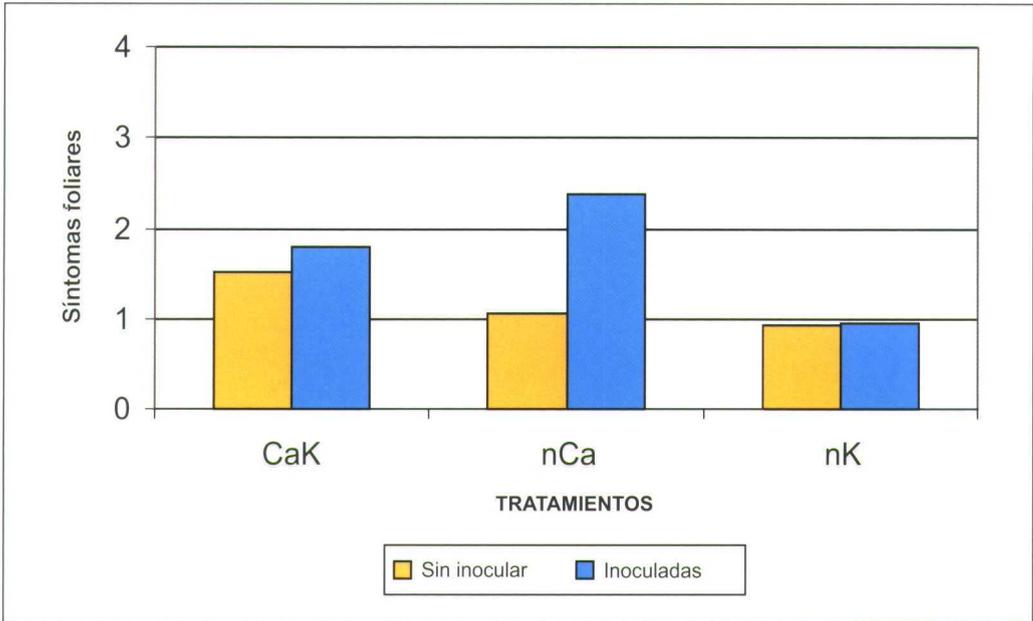


Figura 4. Valores medios del nivel de síntomas foliares (escala 0-4) en función de la presencia de *P. cinnamomi* en el sustrato y del tipo de nutrición que ha recibido la planta
 [CaK = solución de Hoagland (normal), nCa = solución deficiente en Ca, nK = solución deficiente en K]

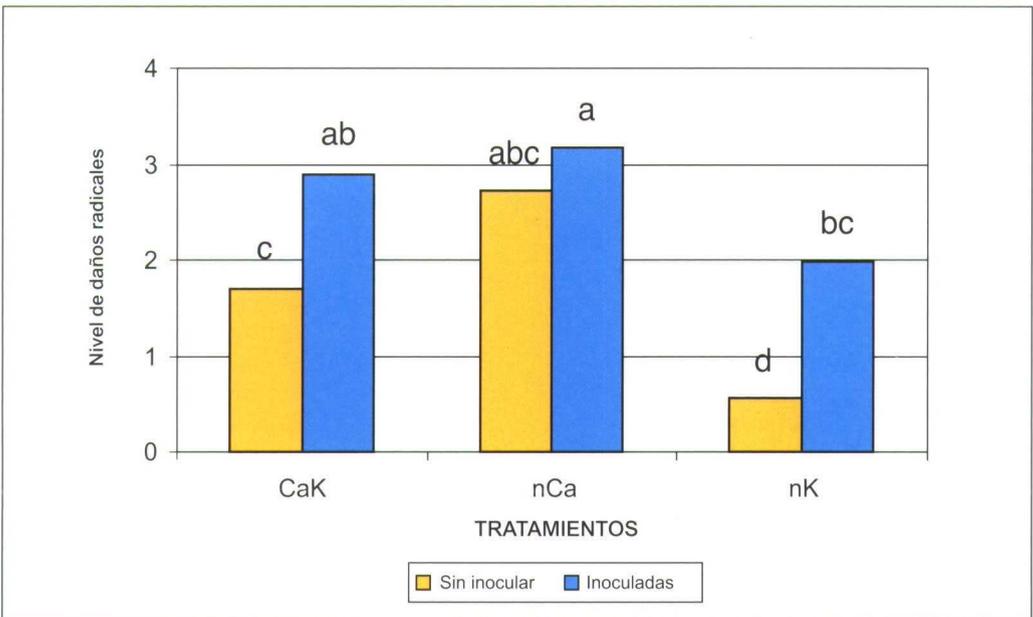


Figura 5. Valores medios del nivel de daños radicales (escala 0-4) en función de la presencia de *P. cinnamomi* en el sustrato y del tipo de nutrición que ha recibido la planta. Letras distintas indican diferencias significativas según el test protegido de Fisher para $P \leq 0,05$
 [CaK = solución de Hoagland (normal), nCa = solución deficiente en Ca, nK = solución deficiente en K]



Figura 6. Raíces de encinas regadas con a) solución de Hoagland, b) solución deficiente en K

(BIGGS *et al.*, 1993; BIGGS 1999; CHARDONNET *et al.*, 2000), aguacate (MESSENGER *et al.*, 2000), cítricos (CAMPANELLA *et al.*, 2002) o vinca (VON BROEMSEN y DEACON, 1997). Lo mismo ocurre para otros patosistemas: brócoli / *Plasmodiophora brassicae* (CAMPBELL *et al.*, 1985), zanahoria/*Sclerotium rolfsii* (PUNJA *et al.*, 1986) o pimiento/*Botrytis cinerea* (ELAD *et al.*, 1993). Sin embargo, hasta la fecha no existen referencias sobre el efecto de la nutrición cálcica y potásica en la infección por *P. cinnamomi* en encinas. En el presente estudio, las encinas regadas con la solución deficiente en potasio acumularon más calcio que las regadas con la solución nutritiva normal y aunque no resultaron inmunes a la infección, presentaron una mayor tolerancia a la enfermedad radical causada por *P. cinnamomi*. RAHMAN y PUNJA (2007) establecieron que la presencia de iones de calcio aumenta la cohesión de las paredes celulares vegetales, aumentando la resistencia de las mismas a la penetración de patógenos fúngicos o bacterias. A raíz de nuestros resultados se puede inferir que una mayor concentración de calcio en encinas puede tener un efecto similar y traducirse en la mayor tolerancia a la infección observada. En general,

el contenido medio de calcio en las plantas es del orden de 1-3 kg por 100 kg de materia seca, y se localiza fundamentalmente en las hojas y en los tallos (DEMARTY *et al.*, 1984). Sin embargo, con independencia del efecto destructivo del patógeno, las encinas testigo con un alto nivel de calcio presentan un mejor desarrollo radical y un nivel de daños significativamente más bajo que las plantas testigo sometidas a nutrición normal, poniendo de manifiesto que el calcio es un elemento importante para un buen desarrollo radical en encinas.

Diversos estudios han mostrado que la disponibilidad de potasio aumenta por la disminución de calcio (MARSCHNER, 1995; PRABHU *et al.*, 2007). Según PRABHU *et al.* (2007) los niveles de potasio en planta dependen de la disponibilidad de magnesio y calcio. En suelos neutros, el calcio mejora la disponibilidad de potasio para la planta, lo que no ocurre en suelos ácidos (PRABHU *et al.*, 2007). Además, las altas concentraciones de calcio son una de las características fundamentales de los suelos supresivos para *P. cinnamomi* (BROADBENT y BAKER, 1974). En este trabajo se muestra que las encinas deficientes en calcio no presentan concentraciones de potasio superiores a las plantas con nutrición normal, si bien el contenido en potasio no parece influir en su susceptibilidad a la infección.

En la disminución de la severidad de los síntomas radicales de la enfermedad ha jugado un papel fundamental el calcio, independientemente de la concentración de potasio presente en las encinas. Un efecto similar ya ha sido observado en cítricos (HUBER, 1991), en los que una alta concentración de potasio y baja de calcio se traduce en un incremento de los síntomas (gomosis) debido a las lesiones corticales producidas por *Phytophthora parasitica*.

Un alto nivel de calcio también aumenta la resistencia del aguacate a la infección por *P. cinnamomi* (DUVENHAGE y KOTZÉ, 1991). Igualmente, para la podredumbre del tallo de la soja, la aplicación de una solución nutritiva con cinco veces más calcio que potasio

supone una reducción importante de la tasa de infección por *P. sojae* (SUGIMOTO *et al.*, 2007). En ambos casos el aumento de resistencia puede ser debido a la supresión directa del crecimiento fúngico en la planta o al refuerzo de la pared celular vegetal, al mejorar las propiedades físicas de la misma, o a ambos factores (DUVENHAGE y KOTZÉ, 1991; SUGIMOTO *et al.*, 2005; 2007).

En conclusión, el presente trabajo pone de manifiesto que las encinas que acumulan calcio presentan una mayor tolerancia a la infección por *P. cinnamomi*. Así, una buena nutrición cálcica, promovida por el encalado del suelo o la aplicación de otras enmiendas calizas, podría conferir a las encinas que crecen en dehesa una mayor tolerancia a la

enfermedad radical causada por este oomiceto. Por este motivo, y con independencia del efecto directo que tiene el calcio en la infectividad del hongo (SERRANO *et al.*, 2010), cabe recomendar la evaluación de las enmiendas calizas como medida de control contra la podredumbre radical causada por *P. cinnamomi* en las dehesas del sur de España.

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, M. E. SÁNCHEZ, P. FERNÁNDEZ-REBOLLO. 2011. Control of the root rot of holm oaks by inorganic amendments I: influence of calcium and potassium nutrition on the tolerance to *Phytophthora cinnamomi* infection. *Bol. San. Veg. Plagas*, **37**: 97-107.

The decline suffered by *Quercus* species in south western Spain is leading to a significant oak mortality in rangeland ecosystems, mainly due to the root rot caused by the soil-borne pathogen *Phytophthora cinnamomi*. Increasing tolerance to the pathogen through a good mineral nutrition appears as a good choice for disease control. In this work, the susceptibility to *P. cinnamomi* showed by oak seedlings deficient in K and deficient in Ca was tested. Holm oaks deficient in K showed high values in Ca content and were tolerant to the disease. Ca deficiency, however, did not lead to a higher K level and induced a poor root development. In addition, it not makes any positive effect on the resistance to the pathogen. Based on these results, we conclude that good calcium nutrition may give Holm oaks a greater tolerance to the root disease caused by the oomycete. For this reason, limestone amendments are recommended as a control measure against the root rot caused by *P. cinnamomi* in oak rangelands of southern Spain.

Key words: Decline, *Q. ilex* subsp. *ballota*, rangeland.

REFERENCIAS

- BIGGS, A. R. 1999. Effects of calcium salts on Apple bitter rot caused by two *Colletotrichum* spp. *Plant Dis.*, **83**: 1.001-1.005.
- BIGGS, A. R., INGLE, M., SOLIHATI, W. D. 1993. Control of *Alternaria* infection of fruit of apple cultivar Nittany with calcium chloride and fungicides. *Plant Dis.*, **77**: 976-980.
- BRASIER, C. M. 1996. *Phytophthora cinnamomi* and oak decline in southern Europe. Environmental constraints including climate change. *Ann. Sci. For.*, **53**: 347-358.
- BROADBENT, P., BAKER, K. F. 1974. Behaviour of *Phytophthora cinnamomi* in soils suppressive and conducive to root rot. *Aus. J. Agric. Res.*, **25**: 121-137.
- CAETANO, P. C. L. 2007. *Envolvimento de Phytophthora cinnamomi no declínio de Quercus suber e Q. rotundifolia: estudo de influência de factores bióticos e abióticos na progressão da doença. Possibilidades de controlo químico do declínio*. Tesis Doctoral. Faculdade de Engenharia de Recursos Naturais, Universidade do Algarve. Faro, Portugal.
- CAETANO, P., ÁVILA, A., SÁNCHEZ, M. E., TRAPER, A., COELHO, A. C. 2009. *Phytophthora cinnamomi* populations on *Quercus* forests from Spain and Por-

- tugal. En: *Phytophthoras in Forests and Natural Ecosystems*. USDA-Forest Service. General Technical Report PSW-GTR-221: 261-269.
- CAMPBELL, R. N., GREATHEAD, A. S., MYERS, D. F., DE BOER, G. J. 1985. Factor related to control of clubroot of crucifers in the Salinas Valley of California. *Phytopathology*, **75**: 665-670.
- CAMPANELLA, V., IPPOLITO, A., NIGRO, F. 2002. Activity of calcium salts in controlling *Phytophthora* root rot of citrus. *Crop Protect.*, **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 en su evolución. pp. 715-720. En: *Pastos y ganadería extensiva*. García Criado B, García Ciudad A, Vázquez de Aldana B, Zabalgogezcoa I. (Eds). CSIC. Salamanca.
- CHARDONNET, C. O., SAMS, C. E., TRIGIANO, R. N., CONWAY, W. S. 2000. Variability of three isolates of *Botrytis cinerea* affects the inhibitory effects of calcium on this fungus. *Phytopathology*, **90**: 769-774.
- DEMARTY, M., MORVAN, C., THELLIER, M. 1984. Calcium and the cell wall. *Plant Cell Environ.*, **7**: 441-448.
- 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.
- ELAD, Y., YUNIS, H., VOLPIN, H. 1993. Effect of nutrition on susceptibility of cucumber, eggplant, and pepper crops to *Botrytis cinerea*. *Can. J. Bot.* **71**: 602: 608.
- ERWIN, D. C., RIBEIRO, O. K. 1996. *Phytophthora diseases worldwide*. APS Press, St. Paul, MN.
- GALLEGO, F. J., PÉREZ DE ALGABA, A., FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R. 1999. Etiology of oak decline in Spain. *Eur. J. For. Path.*, **29**: 17-27.
- GROSE, M. J., HAINSWORTH, J. M. 1992. Soil water extraction, measured by computer-assisted tomography, in seedling *Lupinus angustifolius* cv Yandee when healthy and infected with *Phytophthora cinnamomi*. *J. Exp. Bot.*, **43**: 121-127.
- 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.
- HOAGLAND, D. R., ARNON, D. I. 1950. The water culture methods for growing plants without soil. *California Agricultural Experimental Station Circular*, **347**: 1-32.
- HUBER, D. M. 1991. The use of fertilizers and organic amendments in the control of plant disease. En: *CRC Handbook of Pest Management of Agriculture*, Vol. 1. Boca Raton, USA, CRC Press: 357-394.
- LILJA, A., LUORANEN, J., RIKALA, R., HEINONEN, R. 2007. The effects of calcium on stem lesions of silver birch seedlings. *For. Path.*, **37**: 96-104.
- MARSCHNER, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*, 2nd edn. London, UK, Academic Press.
- MESSENGER, B.J., MENGE, J.A., POND, E. 2000. Effects of gypsum soil amendments on avocado growth, soil drainage, and resistance to *Phytophthora cinnamomi*. *Plant Dis.*, **84**: 612: 616.
- PRABHU, A. S., FAGERIA, N. K., HUBER, D. M., RODRIGUES, F. A. 2007. Potassium and Plant Disease. En: *Mineral Nutrition and Plant Disease*, St. Paul, MN, APS Press: 57-78.
- PUNJA, Z. K., CARTER, J. D., CAMPBELL, G. M., ROSSELL, E. L. 1986. Effects of calcium and nitrogen fertilizers fungicides, and tillage practices on incidence of *Sclerotium rofsii* on processing carrots. *Plant Dis.*, **70**: 819-824.
- RAHMAN, M., PUNJA, Z. K. 2007. Calcium and Plant Disease. En: *Mineral Nutrition and Plant Disease*, St. Paul, MN, APS Press: 79-93.
- RIBEIRO, O. K. 1978. *A sourcebook of the genus Phytophthora*. Vaduz, J. Cramer.
- 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. Pathol.*, **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. Pathol.*, **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., FERNÁNDEZ-REBOLLO, P., CARBONERO, M. D., TRAPERO, A., SÁNCHEZ, M. E. 2009. La tremosilla (*Lupinus luteus*): un nuevo huésped de *Phytophthora cinnamomi* en las dehesas de Andalucía occidental. *Bol. San. Veg. Plagas*, **35**: 75-87.
- SERRANO, M. S., DE VITA, P. FERNÁNDEZ-REBOLLO, P., TRAPERO, A., SÁNCHEZ, M. E. 2010. Efecto *in vitro* del calcio y el potasio en la producción de esporangios de *Phytophthora cinnamomi*. XV Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología, Vitoria. 27 septiembre-1 octubre de 2010.
- STEELE, R. G. D., TORRIE, J. H. 1985. *Bioestadística: Principios y procedimientos*. McGraw-Hill, Bogotá.
- SUGIMOTO, T., AINO, M., SUGIMOTO, M., WATANABE, K. 2005. Reduction of *Phytophthora* stem rot disease on soybeans by the application of CaCl₂ and Ca (NO₃)₂. *J. Phytopathol.*, **153**: 536-543.
- SUGIMOTO, T., WATANABE, K., YOSHIDA, S., AINO, M., MATSUYAMA, M., MAEKAWA, M., 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.

VÁZQUEZ, F. M., ESPÁRRAGO, F., LÓPEZ MÁRQUEZ, J. A., JARAQUEMADA, F., PÉREZ, M. C. 1992. Descripción de la especie *Quercus rotundifolia* Lam. y sus formas para Extremadura. Colección Información Técnica Agraria. Serie Agricultura 17. Consejería de Agricultura y Comercio, Junta de Extremadura, Mérida.

VON BROEMSEN, S. L., DEACON, J. W. 1997. Calcium interference with zoospore biology and infectivity of *Phytophthora parasitica* in nutrient irrigation solution. *Phytopathology*, **87**: 522- 528.

(Recepción: 15 octubre 2010)

(Aceptación: 28 febrero 2011)