REVISTA TEMAS AGRARIOS

ARTÍCULO ORIGINAL

Efecto de la solarización en patógenos fungosos que afectan al Eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) en condiciones de vivero

Effect of solarization on fungal pathogens affecting Eucalyptus (*Eucalyptus urograndis*) under nursery conditions.

Mariana Ruiz Díaz[1]; Rodrigo Orlando Campo Arana[1*]; Jhoandys De Jesús Royet Barroso[1]

Recibido para publicación: 27 de mayo de 2022 - Aceptado para publicación: 29 de junio de 2022

RESUMEN

Eucalyptus es el género de árboles de madera dura más cultivado mundialmente, valorado por su rendimiento y la calidad de la madera para múltiples usos; sin embargo, los patógenos como *Rhizoctonia* y *Cylindrocladium* ponen en riesgo el establecimiento del cultivo, debido a que causan muerte de plántulas en vivero. Dentro de las estrategias de manejo se recomienda la desinfección del sustrato, siendo la solarización una alternativa eficaz para el manejo de hongos del suelo. El objetivo de esta investigación fue verificar la sobrevivencia de *Rhizoctonia* spp. y *Cylindrocladium* spp. en un sustrato de vivero sometido a solarización. El sustrato fue inoculado con dos aislamientos fúngicos (*Rhizoctonia* spp. y *Cylindrocladium* spp.) a tres profundidades (5, 10 y 15 cm), y tratados con tres métodos de solarización (Libre exposición, solarización y solarización + dazomet). Se midió la sobrevivencia de los patógenos en el sustrato a los 15, 30 y 55 días después de la inoculación, y la temperatura a 10 y 15 cm de profundidad. La solarización por sí sola no tuvo efecto sobre la mortalidad de los patógenos. La solarización más dazomet disminuyó la presencia de los hongos en un 100% en todos las profundidades y tiempos de evaluación. Los tratamientos solarizados aumentaron la temperatura del sustrato en 49 y 40°C a 10 y 15 cm de profundidad, respectivamente, con un incremento de 10 y 7°C respecto al testigo. Por tanto, la solarización más la aplicación de dazomet puede emplearse como método de desinfección de sustratos en vivero de Eucalipto.

Palabras clave: Dazomet; Desinfección de suelo; Fumigantes; Hongos del suelo; Manejo integrado.

ABSTRACT

Eucalyptus is the most cultivated hardwood tree genus in the world, valued for its yield and the quality of the wood for multiple uses; however, pathogens such as *Rhizoctonia* and *Cylindrocladium* threaten the establishment of the crop, since they cause seedling death in the nursery. Among the management strategies, disinfection of the substrate is recommended, and solarization is an effective alternative for the management of soil fungi. The objective of this research was to verify the survival of *Rhizoctonia* spp. and *Cylindrocladium* spp. in a nursery substrate subjected to solarization. The substrate was inoculated with two fungal isolates (*Rhizoctonia* spp. and *Cylindrocladium* spp.) at three depths (5, 10 and 15 cm), and treated with three solarization methods (free exposure, solarization and solarization + dazomet). Survival of pathogens in the substrate was measured at 15, 30 and 55 days after inoculation, and temperature at 10 and 15 cm depth. Solarization alone had no effect on pathogen mortality. Solarization plus dazomet decreased fungal presence by 100% at all depths and evaluation times. The solarized treatments increased substrate temperature by 49 and 40°C at 10 and 15 cm depth, respectively, with an increase of 10 and 7°C over the control. Therefore, solarization plus dazomet application can be used as a method of substrate disinfection in Eucalyptus nurseries.

Key words: Dazomet; Fumigants; Integrated management; Soil disinfection; Soil fungi.

[1]Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Agrícolas, Grupo de Investigación Agricultura Sostenible.
*Autor para correspondencia: Rodrigo O. Campo Arana
Email: rocampoarana@correo.unicordoba.edu.co

Cómo citar

Ruiz Díaz, M., Campo Arana, R.O., y Royet Barroso, J.d.J. 2022. Efecto de la solarización en patógenos fungosos que afectan al Eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) en condiciones de vivero. Temas Agrarios 27(1): 211-219
https://doi.org/10.21897/rta.v27i1.3039

Temas Agrarios 2022. Este artículo se distribuye bajo los términos de la Licencia Creative Commons Attrubution 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es), que permite copiar, redistribuir, remezclar, transformar y crear a partir del material, de forma no comercial, dando crédito y licencia de forma adecuada a los autores de la obra.

INTRODUCCIÓN

Eucalyptus es el género de árboles de madera dura más cultivado a nivel mundial, en Colombia existen aproximadamente 57 mil hectáreas sembradas (PROFOR, 2017). En las regiones tropicales del mundo se destaca por su buena adaptación y producción, la especie *Eucalyptus urograndis*, un híbrido de *Eucalyptus urophylla* S.T. (Salvador *et al*., 2019). Las cuales han crecido rápidamente y han tenido impactos positivos significativos en los medios de vida y el desarrollo rural (Cuong *et al*., 2020). Los eucaliptos se cultivan ampliamente para producir materia prima para la industria (pasta y papel, carbón vegetal, aserrado madera, paneles de madera) (Singh y Dhillon, 2020); además, son valorados por su buena adaptación a varias regiones, su rápido crecimiento, su alto rendimiento y la buena calidad de la madera empleada en diversos fines industriales (Marco de Lima *et al.,* 2019). Sin embargo, pese a la exitosa producción forestal, existen diferentes factores que ponen en riesgo el establecimiento de este sistema productivo, como lo son los problemas fitosanitarios tanto a nivel de campo como en vivero (Simeto *et al*., 2020). Algunos de los patógenos que tienen un impacto significativo en la etapa de vivero son *Rhizoctonia* solani Kühn, que causa tizón de las hojas y pudrición de esquejes durante el enraizamiento (Da Silveira *et al.,* 2000; Sanfuentes *et al*., 2007), y Cylindrocladium spp. que es uno de los géneros fungosos con mayor presencia en viveros forestales, siendo responsable de la pudrición de estacas, tizón de las ramas, defoliación severa y la mortalidad de plántulas (dos Santos *et al*., 2021; Klinsukon *et al*., 2021).

Una de las causas de la presencia de los patógenos fungosos en el vivero es el uso de sustrato contaminado con estructuras reproductivas de patógenos como clamidosporas, esclerocios, conidios de paredes gruesas o hifas, las cuales sobreviven en el suelo y tienen la habilidad de permanecer viables en capas profundas del suelo (Ajayi y Bradley, 2018; Liu *et al.,* 2021). Estas características hacen difícil el establecimiento de programas eficaces de manejo en los viveros forestales; no obstante, para disminuir la presión de estos fitopatógenos, se recomienda realizar monitoreo constante para cuantificar la densidad del inóculo en los sustratos de los viveros (Saufuentes *et al.,* 2002), desinfección del sustrato, usar semilla sana, realizar tratamientos de semillas con fungicidas y el uso de cultivares resistentes (Ajayi y Bradley, 2018; Rezende *et al*., 2019; Gullino *et al*., 2022).

Una de las practica más recomendable y económicamente viable para el manejo de patógenos fungosos en la fase de vivero, es la desinfección del sustrato. Entre las estrategias de desinfección más usada está la solarización del sustrato (Funahashi y Parke, 2018; Abd-Elgawad *et al.,* 2019). Esta consiste en el calentamiento del suelo por acción del sol y un plástico transparente de polietileno de 200 µm durante 3, 6 o 9 semanas (Shlevin *et al*., 2018; Hasan *et al.,* 2018). La solarización provoca la muerte de varios patógenos de plantas habitantes del suelo, como *Rhizoctonia* solani (Rubayet *et al*., 2018), *Sclerotium* rolfsii (Bidima *et al.,* 2022), *Fusarium solani* y *Fusarium oxysporum* (Dwivedi y Dwivedi, 2020); además, su efectividad puede aumentarse combinándola con fumigantes, enmiendas orgánicas o agentes biológicos (Shlevin *et al.,* 2018; Funahashi *et al*., 2022).

En el contexto de lo mencionado anteriormente, en el departamento de Córdoba no se han realizado investigaciones sobre el uso de la solarización como estrategia de manejo de enfermedades transmitidas por el suelo en viveros de Eucalipto; siendo el objetivo de esta

investigación, verificar la sobrevivencia de *Rhizoctonia* spp. y *Cylindrocladium* spp. en un sustrato de vivero sometido a solarización como método de desinfección.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y clima de la zona experimental

La investigación se llevó a cabo en el vivero "La Ribera" perteneciente a la Reforestadora del Sinú LTDA en el corregimiento de Jaraquiel del municipio Montería (Córdoba, Colombia). Ubicado a 8º 69' 58" de latitud norte y 75º 94' 75" de longitud oeste; mientras que, las muestras para análisis microbiológico, se procesaron en el laboratorio de fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Córdoba, con sede en Montería (Colombia) ubicado a 13 msnm, 8º 47' 28" de latitud norte y 75º 51' 36" de longitud oeste.

El municipio de Montería según la clasificación de Holdridge se ubica en una zona de bosque seco tropical, donde predomina un régimen térmico cálido tropical con temperaturas medias anuales de 27,5°C y la humedad relativa presenta valores superiores a 80% con máxima de 86%, el número de horas totales anuales de brillo solar es en promedio de 2000 horas (IDEAM, 2022).

Obtención de Aislamientos de *Rhizoctonia* spp. y *Cylindrocladium* spp.

En la zona de aclimatación y crecimiento de las plántulas del vivero, se colectaron plantas con síntomas de *Cylindrocladium* spp. y *Rhizoctonia* spp. Estas fueron transportadas al laboratorio de fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Córdoba, donde fueron lavadas, procesadas e incubadas en cámaras húmedas a 28°C por 72 horas (Sanfuentes *et al*., 2007). Se aislaron los géneros fungosos de *Rhizoctonia* spp. y *Cylindrocladium* spp., los cuales fueron purificados e identificados morfológicamente a nivel de genero (Barnett y Hunter, 1998). Los aislados fueron replicados en el medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA).

En platos Petri con crecimientos puros de *Rhizoctonia* y *Cylindrocladium*, se introdujeron trozos de ramas verdes de Eucalipto de 6 cm de largo y 5 mm de diámetro, los cuales fueron previamente lavados en agua corriente, con posterior desinfección con alcohol al 70% y lavado con agua destilada esterilizada e incubados a 28°C, hasta que los trozos de las ramas estuvieron bien colonizados, los cuales fueron empleados para la inoculación del sustrato (Sanfuentes *et al*., 2002).

Establecimiento del experimento

El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar en arreglo factorial 2x3x3x3 que correspondió a: dos aislamientos fungosos (*Rhizoctonia* spp. y *Cylindrocladium* spp.), tres profundidades (0-5; 5-10; 10-15 cm), tres épocas de evaluación (15, 30, 55 días) y tres métodos de solarización (Libre exposición solar, solarización y la combinación solarización + 200 g m-3 de dazomet 98%). Se establecieron tres eras, sobre una superficie de plástico negro, se distribuyó 1 m^{-3} de sustrato en un área de 2 x 2 x 0,15 m. El sustrato estaba conformado por 60% fibra de coco quemada y 40% cascarilla de arroz quemado, y se mantuvo a capacidad de campo. Por último, se cubrieron con plástico transparente calibre tres, exceptuando el nivel a libre exposición solar.

Con el fin de evaluar la sobrevivencia de *Rhizoctonia* spp. y *Cylindrocladium* spp., en los diferentes tratamientos, de forma aleatoria, se introdujeron nueve bolsas de malla de nylon por tratamiento que contenían cinco segmentos de tallos colonizados con *Cylindrocladium* spp. y cinco de tallos colonizados con

Rhizoctonia spp, a las profundidades de 0-5, 5-10; 10-15 cm. De cada profundidad a los 15, 30 y 55 días después de iniciado el experimento, se extrajo una bolsa que contenía los segmentos de tallos inoculados con *Rhizoctonia* spp., y una con *Cylindrocladium* spp. Estas fueron empacadas en bolsas plásticas, etiquetadas y llevadas al laboratorio donde se lavaron con agua común, alcohol al 70%, hipoclorito al 1% y triple lavado con agua destilada estéril para finalmente ser sembrado en medio de PDA empobrecido con antibiótico, incubado a 28ºC por 96 horas y se evaluó la viabilidad de los hongos observando el crecimiento micelial en el medio de cultivo. Adicionalmente, se tomaron datos de temperatura en los tratamientos a las profundidades de 0-10 y 10-15 cm.

Análisis estadístico

Los valores de incidencia (presencia o ausencia) de los patógenos fueron sometidos a un análisis de varianza no paramétrico mediante la prueba de Kruskal-Wallis, las medias fueron comparadas con la prueba de Fisher con ajuste de Bonferroni en el programa RStudio versión 4.2.0 (R Core Team, 2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza no paramétrico (Kruskal-Wallis), evidenció que el efecto principal de la solarización fue significativo; mientras que, en los factores, patógenos, profundidad y el tiempo no presentaron diferencias estadísticas; además, se evidenció que la interacción de los cuatro factores fue significativa sobre la incidencia de los patógenos evaluados (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de varianza de la presencia/ausencia de *Rhizoctonia* spp. y *Cylindrocladium* spp. en función de los patógenos, solarización, profundidad y tiempo

Fuente de variación	GL	P-Valor
Patógeno	1	0.701ns
Solarización	2	0.001**
Profundidad	2	0.863ns
Tiempo	2	0.863ns
Patógeno x Solarización	2	0.001**
Patógeno x Profundidad	2	0.980ns
Solarización x Profundidad	4	0.001**
Patógeno x Tiempo	2	0.980ns
Solarización x Tiempo	4	0.001**
Profundidad x Tiempo	4	0.980ns
Patógeno x Solarización x Profundidad	4	0.001**
Patógeno x Solarización x Tiempo	4	0.001**
Patógeno x Profundidad x Tiempo	4	0.996ns
Solarización x Profundidad x Tiempo	8	0.001**
Patógeno x Solarización x Profundidad x Tiempo	8	0.001**

GL: grados de libertad; ns: no significativo; **: Significativo al 1%

El análisis de comparación múltiple mostró que la aplicación de solarización + Dazomet 98% fue la más eficaz sobre la incidencia de los patógenos (*Rhizoctonia* spp. y *Cylindrocladium* spp), el cual mostró diferencia significativa con los demás tratamientos, mientras que la solarización por si sola y el testigo a libre exposición solar no tuvieron efectos

significativos sobre los patógenos estudiados y fueron estadísticamente iguales entre sí (Tabla 2).

Los resultados arrojados muestran que la presencia o ausencia del hongo está condicionada con la desinfección del sustrato; la libre exposición y la solarización por sí sola no fueron eficaces para el manejo de *Rhizoctonia* spp. y *Cylindrocladium* spp. inoculados en el sustrato, debido a que se encontró presencia de los patógenos a profundidades de 0-5, 5-10 y 10-15 cm a los 15, 30 y 55 días después de la inoculación.

La combinación de la solarización más la aplicación de 200 g m^{-3} de dazomet, permitió tener un manejo eficaz de los patógenos en las tres profundidades evaluadas, además, se obtuvo una reducción completa en la presencia de los hongos a partir de los primeros 15 días después de la aplicación del producto y este se mantuvo ejerciendo un manejo efectivo de los fitoparásitos durante 55 días posteriores a la inoculación del sustrato (tabla 2).

Tabla 2. Porcentaje de incidencia de hongos fitopatógenos en sustrato solarizado durante tres diferentes tiempos de exposición a tres profundidades

Solarización	Profundidad (cm)	Tiempo (días)	Incidencia (%)	
			Cylindrocladium	***Rhizoctonia***
Libre exposición	5	15	100a	100a
Libre exposición	10	30	100a	100a
Libre exposición	15	55	100a	100a
Solarización	5	15	100a	40b
Solarización	10	30	100a	100a
Solarización	15	55	100a	100a
Solarización + Dazomet	5	15	0c	0c
Solarización + Dazomet	10	30	0c	0c
Solarización + Dazomet	15	55	0c	0c

Dada la efectividad de este tratamiento en el control de estos patógenos a partir de los 15 días después de su aplicación, se recomienda a partir de esa fecha suspender el tratamiento e iniciar el proceso de liberación de los residuos de la molécula química para el pronto uso del sustrato. Los resultados de este estudio coinciden con los encontrados por Shlevin *et al*., (2018), donde afirman que cuando la solarización se aplicó sola, el manejo de los patógenos del suelo es bajo, mientras que cuando se combinó con fumigantes, el manejo alcanzó el 100%. Estudios similares, mostraron que la solarización por sí sola no tuvo efecto significativo sobre la severidad de *Rhizoctonia* solani y la supresión del patógeno mejoró al cambiarla con la aplicación de enmiendas orgánicas (Baysal et al., 2019; Jabnoun *et al*., 2020). Investigaciones sobre *Cylindrocladium* spp. demostraron que la solarización con y sin agentes de control biológico suprimen los propágulos del hongo (Mohanan, 2007; Vitale *et al*., 2013). La integración de fungicidas con la solarización del suelo mostró una menor severidad del “damping off” en el cultivo de ají (Kadam *et al.*, 2018). El dazomet se ha usado en los viveros como alternativa química al bromuro de metilo, encontrándose una reducción significativa sobre la incidencia de enfermedades fúngicas transmitidas por patógenos habitantes del suelo, como lo son los géneros *Rhizoctonia* y *Cylindrocladium* (Aiello et al., 2018; Santori et al., 2020; Villarino *et al.*, 2021; Aiello *et al*., 2022).

Los valores promedios diarios de las temperaturas tomadas durante el experimento, mostraron que la mayor temperatura alcanzada fue de 49ºC en los tratamientos con solarización y solarización + Dazomet; en tanto que, a libre exposición fue de 42ºC. La temperatura máxima de los sustratos solarizados se elevó en 10 y 7°C a profundidades de 0-10 y 10-15 cm, respectivamente, en comparación con el suelo no solarizado. Investigaciones han reportado que la temperatura letal para especies de los géneros *Rhizoctonia* y *Cylindrocladium* fueron de 56 y 50°C, respectivamente (Miller *et al*., 2018; Abd-Elgawad *et al.*, 2019). Lo anterior apoya los resultados aquí encontrados, ya que no se logró pasar este umbral de temperatura letal por tiempo prolongado, lo cual explica la baja efectividad de la solarización por si sola en el manejo de estos fitoparásitos, siendo necesario la aplicación del fumigante dazomet.

CONCLUSIONES

La solarización sola, bajo las condiciones del vivero La Ribera, ubicado en Montería, no fue efectiva en el control de los patógenos *Rhizoctonia* spp. y *Cylindrocladium* spp., debido a que la temperatura máxima alcanzada no superó los 50 °C., considerándose este tratamiento inefectivo para el control de estos patógenos.

La solarización combinada con la aplicación de dazomet puede usarse como estrategia de desinfección de sustratos para el manejo de estos hongos alcanzando una eficiencia del 100%, a partir de los 15 días después de haberse aplicado los tratamientos.

Agradecimientos

Esta investigación fue realizada por La Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba, con recursos recibidos de la Reforestadora del Sinú durante 2019. Los autores expresan agradecimientos a los Ingenieros Dayana Tobar, Liliana Gómez, Jorge Humanez, funcionarios de la Reforestadora del Sinú, quienes apoyaron con la logística de esta investigación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que es un trabajo original y no existió conflicto de intereses de ningún tipo en la elaboración y publicación del manuscrito.

REFERENCIAS

Abd-Elgawad, M., Elshahawy, I. y Abd-El-Kareem, F. 2019. Efficacy of soil solarization on black root rot disease and speculation on tits leverage on nematodes and weeds of strawberry in Egypt. Bulletin of the National Research Centre, 43(1): 1-7. https://doi.org/10.1186/s42269-019-0236-1

Aiello, D., Guarnaccia, V., Vitale, A., LeBlanc, N., Shishkoff, N. y Polizzi, G. 2022. Impact of Calonectria Diseases on Ornamental Horticulture: Diagnosis and Control Strategies. Plant Disease, 106(7):1773-1787. https://doi.org/10.1094/PDIS-11-21-2610-FE

Aiello, D., Vitale, A., Alfenas, R. F., Alfenas, A. C., Cirvilleri, G. y Polizzi, G. 2018. Effects of sublabeled rates of dazomet and metam-sodium applied under low-permeability films on Calonectria microsclerotia survival. Plant disease, 102(4): 782-789. https://doi.org/10.1094/PDIS-05-17-0713-RE

Ajayi, O. y Bradley, C. A. 2018. *Rhizoctonia* solani: taxonomy, population biology and management of *rhizoctonia* seedling disease of soybean. Plant pathology, 67(1): 3-17. https://doi.org/10.1111/ppa.12733

Barnett, H y Hunter, B. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. (4ta ed). p108-196

Baysal, F., Kabir, M. y Liyanapathiranage, P. 2019. Effect of organic inputs and solarization for the suppression of *Rhizoctonia* solani in woody ornamental plant production. Plants, 8(5): 138. https://doi.org/10.3390/plants8050138

Bidima, M., Chtaina, N., Ezzahiri, B., El Guilli, M. y Barakat, I. 2022. Effect of soil solarization and organic amendments on Sclerotium rolfsii Sacc sclerotia. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 55(8): 1-17. https://doi.org/10.1080/03235408.2022.2081526

Cuong, T., Chinh, T., Zhang, Y. y Xie, Y. 2020. Economic performance of forest plantations in Vietnam: Eucalyptus, Acacia mangium, and Manglietia conifera. Forests, 11(3): 284. https://doi.org/10.3390/f11030284

Da Silveira, S., Alfenas, A., Ferreira, F. y Sutton, J. C. 2000. Characterization of *Rhizoctonia* species associated with foliar necrosis and leaf scorch of clonally-propagated Eucalyptus in Brazil. European Journal of Plant Pathology, 106(1): 27-36. https://doi.org/10.1023/A:1008708314224

dos Santos, A., da Costa, J., da Silva, S., de Queiroz, L, da Silva, S., Xavier, W. y Soares, A. 2021. Eficiência in vivo de extratos naturais com potencial antagonista ao fungo do gênero Cylindrocladium em mudas de eucalipto. Brazilian Journal of Development, 7(1): 2646-2658. https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-180

Dwivedi, N. y Dwivedi, S. 2020. Soil solarization: An ecofriendly technique to eradicate soil Fusaria causing wilt disease in guava (Psidium guajava). International Journal of Fruit Science, 20(3): 1765-1772. https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1833808

Funahashi, F. y Parke, J. 2018. Thermal inactivation of inoculum of two Phytophthora species by intermittent versus constant heat. Phytopathology, 108(7): 829-836. https://doi.org/10.1094/PHYTO-06-17-0205-R

Funahashi, F., Myrold, D. y Parke, J. 2022. The effects of soil solarization and application of a Trichoderma biocontrol agent on soil fungal and prokaryotic communities. Soil Science Society of America Journal, 86(2): 369-383. https://doi.org/10.1002/saj2.20361

Gullino, M., Garibaldi, A., Gamliel, A. y Katan, J. 2022. Soil Disinfestation: From Soil Treatment to Soil and Plant Health. Plant Disease, 106(6): 1541-1554. https://doi.org/10.1094/PDIS-09-21-2023-FE

Hasan, Ö. 2018. A new approach to soil solarization: Addition of biochar to the effect of soil temperature and quality and yield parameters of lettuce (Lactuca sativa L. Duna). Scientia Horticulturae, 228, 153-161. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.10.021

Instituto de hidrología meteorología y estudios ambientales (IDEAM). 2022. Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos. http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/

Jabnoun, H., Mejdoub, B., Aydi, R., El-Mohamedy, R. y Daami, M. 2020. Efficacy of Organic Amendments and Soil Solarization against Wilt Severity and their Effects on Pathogenic Fungi and Tomato Production. International Journal of Phytopathology, 9(2): 93-103. https://doi.org/10.33687/phytopath.009.02.3317

Kadam, J., Joshi, M., Borkar, P. y Dhekale, J. 2018. Integration of soil solarization and fungicides for management of damping-off of chilli. Journal of Plant Disease Sciences, 13(1): 73-79.

Klinsukon, C., Ekprasert, J. y Boonlue, S. 2021. Using arbuscular mycorrhizal fungi (Gigaspora margarita) as a growth promoter and biocontrol of leaf blight disease in eucalyptus seedlings caused by Cylindrocladium quinqueseptatum. Rhizosphere, 20, 100450. https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2021.100450

Liu, L., Wu, W. y Chen, S. 2021. Species diversity and distribution characteristics of Calonectria in five soil layers in a Eucalyptus plantation. Journal of Fungi, 7(10): 857. https://doi.org/10.3390/jof7100857

Marco de Lima, B., Cappa, E., Silva, O., Garcia, C., Mansfield, S. y Grattapaglia, D. 2019. Quantitative genetic parameters for growth and wood properties in Eucalyptus "urograndis" hybrid using near-infrared phenotyping and genome-wide SNP-based relationships. PloS one, 14(6): e0218747. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218747

Miller, M., Shishkoff, N. y Cubeta, M. 2018. Thermal sensitivity of Calonectria henricotiae and Calonectria pseudonaviculata conidia and microsclerotia. Mycologia, 110(3): 546-558. https://doi.org/10.1080/00275514.2018.1465778

Mohanan, C. 2007. Biological control of seedling diseases in forest nurseries in Kerala. Journal of Biological Control, 21(2): 189-195.

Programa para los Bosques (PROFOR). 2017. Situación actual y potenciales de fomento de plantaciones forestales con fines comerciales en Colombia. Bogotá, Colombia: Banco Mundial. 172 p

R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/

Rezende, E., Duin, I., Coelho, T., Soares, I., Higa, A., Santos, Á. y Auer, C. 2019. Avaliação da resistência de progênies de Eucalyptus grandis para mancha foliar de Cylindrocladium e Kirramyces. Summa Phytopathologica, 45(3): 295-301. https://doi.org/10.1590/0100-5405/191990

Rubayet, M., Bhuiyan, M., Jannat, R., Masum, M. y Hossain, M. 2018. Effect of biofumigation and soil solarization on stem canker and black scurf diseases of potato (*Solanum tuberosum* L.) caused by *Rhizoctonia* solani isolate PR2. Advances in Agricultural Science, 6(3), 33-48.

Salvador, S., Schumacher, M., Sthal, J., Ludvichak, A., Momolli, D. y Consensa, C. 2019. Effects of soil type in nutrient amount in eucalyptus urograndis: Macronutrients. Journal of Experimental Agriculture International, 35(3), 1-9. DOI: 10.9734/JEAI/2019/v35i330204

Sanfuentes, E., Alfenas, A., Maffia, L. y Mafia, R. 2007. Caracterização de isolados de *Rhizoctonia* spp. e identificação de novos grupos de anastomose em jardim clonal de eucalipto. Fitopatologia Brasileira, 32(3): 229-236. https://doi.org/10.1590/S0100-41582007000300007

Sanfuentes, E., Alfenas, A., Maffia, L. y Silveira, S. 2002. Comparison of baits to quantify inoculum density of *Rhizoctonia* spp. in Eucalyptus clonal garden soils. Australasian Plant Pathology, 31(2): 177-183. https://doi.org/10.1071/AP02004

Santori, A., Zinser, J., Yokota, M., Ronca, A., Minuto, A. y Myrta, A. 2021. Basamid effectivity against strawberry soil-borne pests in Europe. IX International Strawberry Symposium. Volume 1 and 2. Acta Horticulturae no. 1309. Rimini, Italy, 28 April 2021, p759-764. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1309.108

Shlevin, E., Gamliel, A., Katan, J. y Shtienberg, D. 2018. Multi-study analysis of the added benefits of combining soil solarization with fumigants or non-chemical measures. Crop Protection, 111, 58-65. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.05.001

Simeto, S., Balmelli, G. y Pérez, C. 2020. Diseases of Eucalyptus Plantations in Uruguay: Current State and Management Alternatives. In: Estay, S. (eds) Forest Pest and Disease Management in Latin America. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-35143-4_9

Singh, A y Dhillon, G. 2020. Evaluation of Eucalyptus Clones Under Seasonal Waterlogging Conditions in South-Western Punjab. Current Agriculture Research Journal, 8(2): 98-103. http://dx.doi.org/10.12944/CARJ.8.2.04

Villarino, M., Larena, I., Melgarejo, P. y De Cal, A. 2021. Effect of chemical alternatives to methyl bromide on soil-borne disease incidence and fungal populations in Spanish strawberry nurseries: A long-term study. Pest Management Science, 77(2): 766-774. https://doi.org/10.1002/ps.6077

Vitale, A., Castello, I., D'Emilio, A., Mazzarella, R., Perrone, G., Epifani, F. y Polizzi, G. 2013. Short-term effects of soil solarization in suppressing Calonectria microsclerotia. Plant and soil, 368(1): 603-617. https://doi.org/10.1007/s11104-012-1544-5