

# Uso de micorrizas arbusculares para mejorar la tolerancia de plantones de cítricos a suelos salinos

Los efectos benéficos de los hongos micorrícicos arbusculares en plantas de cítricos se han mostrado en numerosas publicaciones. La mayoría de la literatura se ocupa de la mejora de la absorción de agua y nutrientes después de la inoculación micorrícica.

Hay solamente algunos informes sobre los beneficios del uso de inoculantes de micorrizas para aumentar la tolerancia a la salinidad de cítricos. Por tanto, el propósito de este estudio fue investigar la eficacia de un inóculo micorrícico arbuscular para aliviar el estrés de salinidad en limonero. El producto MycoApply®, inóculo micorrícico que contiene cuatro especies de hongos micorrícicos arbusculares (*Rhizophagus intraradices*, *Funneliformis mosseae*, *Claroideoglossum etunicatum*, *Glomus aggregatum*) fue aplicado en limoneros en condiciones severas de salinidad (100 mM NaCl aplicados cada semana). MycoApply® fue efectivo para mitigar los efectos del estrés de salinidad y aumentando la colonización micorrícica, crecimiento vegetativo, contenido relativo de clorofila, rendimiento, tamaño de los frutos, fotosíntesis y fluorescencia clorofílica. Se observaron diferencias en el contenido de nutrientes entre las hojas de los árboles inoculados y los árboles no tratados. El contenido de nutrientes minerales en las hojas aumentó después de la inoculación micorrícica para N, P, K, Mn, Zn. Este estudio confirmó la eficacia de los hongos micorrícicos arbusculares para mejorar el rendimiento y tolerancia de los cítricos al estrés por salinidad.

## Introducción

La acumulación excesiva de sal en los suelos es un problema ecológico y agronómico importante, en particular en zonas áridas y semiáridas. La excesiva salinidad afecta al establecimiento, desarrollo y crecimiento de las plantas, dando como resultado importantes pérdidas de productividad. Las plantas han desarrollado mecanismos bioquímicos y moleculares que pueden actuar de manera coordinada y constituyen la respuesta fisiológica integrada a la salinidad del suelo. La simbiosis micorrícica arbuscular puede ayudar a las plantas huésped a hacer frente a los efectos perjudiciales de la alta salinidad (Hermann, 2012; Ruiz-Lozano y col., 2012). Existen pruebas de que la simbiosis micorriza arbuscular afecta y regula varios de los mecanismos antes mencionados. Por ejemplo, un estudio realizado por Wu y col. (2010) llegó a la conclusión de que plantones de naranjo inoculados fueron más tolerantes al estrés por sal que los no inoculados, atribuyendo los beneficios de la inoculación micorrícica al aumento de la capacidad de los plantones para activar los sistemas de defensa antioxidante enzimático y no enzimático. En otro estudio de Navarro y col., (2013) se concluyó que la reducción del estrés salino en plantones de cítricos inocu-

lados con hongos micorrícicos arbusculares depende de la tolerancia del portainjerto a la sal.

El objetivo del presente estudio fue investigar la eficacia del inóculo micorrícico arbuscular MycoApply® para aliviar el estrés por salinidad en limonero.

## Materiales y métodos

El experimento se realizó en 2016 en Grants Pass, Oregon (Estados Unidos). El producto comercial MycoApply®, inóculo micorrícico que contiene cuatro especies de hongos micorrícicos arbusculares (*Rhizophagus intraradices*, *Funneliformis mosseae*, *Claroideoglossum etunicatum*, *Glomus aggregatum*), se aplicó a árboles de limón 'Meyer' de dos años a razón de 6.000 propágulos por árbol. Árboles individuales se plantaron en 'big-bags' rellenos con 250 kg de arcilla granular. Se aplicaron los siguientes tratamientos:

- Control sin tratar
- Inoculación MycoApply (6.000 ppg/árbol).
- Stress salino (100 mM NaCl aplicado semanalmente).
- Stress salino (100 mM NaCl aplicado semanalmente) + inoculación MycoApply (6.000 ppg/árbol).

**Jozsef Racsko**

Valent Biosciences

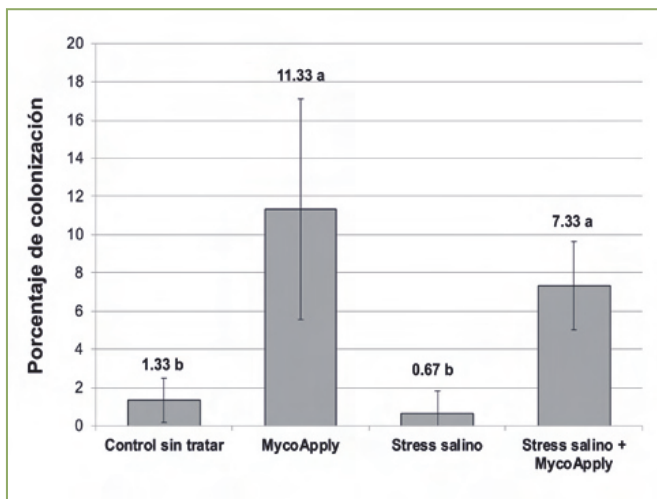


Figura 1. Porcentaje de colonización de raíces por hongos micorrízicos arbusculares en limonero en varias combinaciones de tratamientos de inoculación micorrízica y estrés salino.

Se registraron las siguientes respuestas de la planta: colonización de la raíz por hongos micorrízicos, crecimiento vegetativo, contenido relativo de clorofila (valor de SPAD) de las hojas, fotosíntesis, fluorescencia de la clorofila, contenido de nutrientes de la hoja y rendimiento en fruto. La colonización por micorrizas arbusculares se determinó después del muestreo de raíz al final de temporada (octubre). Se tomaron trozos de raíz representativos del sistema radicular. Trozos de raíz de un centímetro de longitud se depuraron con solución de hidróxido de potasio al 10% (p/v) y fueron teñidos con azul de tripano 0,05% (p/v) en lactoglicerol.

La colonización micorrízica se cuantificó según el método de intersección de cuadrícula bajo un estereomicroscopio con un aumento de 40x (Vierheilig y col., 2005). El crecimiento vegetativo se evaluó usando una vara de medir después que el crecimiento del brote hubiera cesado (septiembre). El contenido relativo de clorofila de las hojas se determinó con un medidor SPAD. La fotosíntesis y la fluorescencia clorofílica fueron medidos utilizando un medidor portátil integrado de fluorescencia de clorofila y fotosíntesis iFL, de Opti-Sciences. El contenido de nutrientes de la hoja se determinó por un laboratorio independiente (laboratorios A&L). El rendimiento en fruto fue medido como número de frutos por árbol y total de kilogramos de fruta por árbol en cosecha. Se utilizaron análisis ANOVA para determinar la significación estadística entre tratamientos (P nivel < 0.05).

## Resultados

El porcentaje de colonización micorrízica de la raíz se presenta en la Figura 1. El nivel más alto de colonización se observó en el tratamiento de MycoApply sin estrés salino. La aplicación de estrés salino afectó negativamente a la actividad micorrízica, de ahí la reducción en el porcentaje de colonización de la raíz en ambos tratamientos, micorrizados y no micorrizados.

La aplicación del inóculo MycoApply® incrementó de manera general la sanidad de la planta y la tolerancia al estrés salino de los limoneros. La Figura 2 muestra la



Figura 2. Aspecto de las hojas de limón en varias combinaciones de tratamientos de hongos micorrízicos y estrés salino. La foto fue tomada al final de la temporada de crecimiento (septiembre).

aparición de las hojas al final de la temporada de crecimiento. Las hojas son más verdes en los tratamientos con micorrizas, tanto bajo estrés salino como sin condiciones de estrés salino.

La apariencia de las hojas correspondió bien con el contenido relativo de clorofila y la fotosíntesis de las hojas (Figura 3). Tanto el contenido relativo de clorofila como la fotosíntesis fueron significativamente superiores en los tratamientos de MycoApply®, el nivel de contenido de clorofila y la fotosíntesis fue menor en los tratamientos con sal.

Se observaron diferencias en el contenido de nutrientes de las hojas entre árboles inoculados y los árboles no tratados. El contenido de nutrientes minerales en las hojas aumentó después de la inoculación micorrízica para N, P, K, Mn, Zn y disminuyó para Ca, B, Al y Cu, independientemente del estrés salino (datos no presentados aquí).

El rendimiento en cosecha expresado como número de frutos por árbol fue más alto en los tratamientos con inoculación micorrízica, independientemente del estrés salino (Figura 4). El mayor número de frutos se cosechó en el tratamiento de estrés salino combinado con inoculación micorrízica, aunque el tamaño del fruto fue pequeño en este tratamiento. El peso total (y kilogramos por árbol) del fruto fue mayor en el tratamiento con micorriza bajo ningún estrés salino. La tendencia general fue el aumento de rendimiento en fruto tras la inoculación micorrízica, independientemente del tratamiento de estrés salino. El rendimiento fue significativamente menor en los tratamientos con estrés salino.

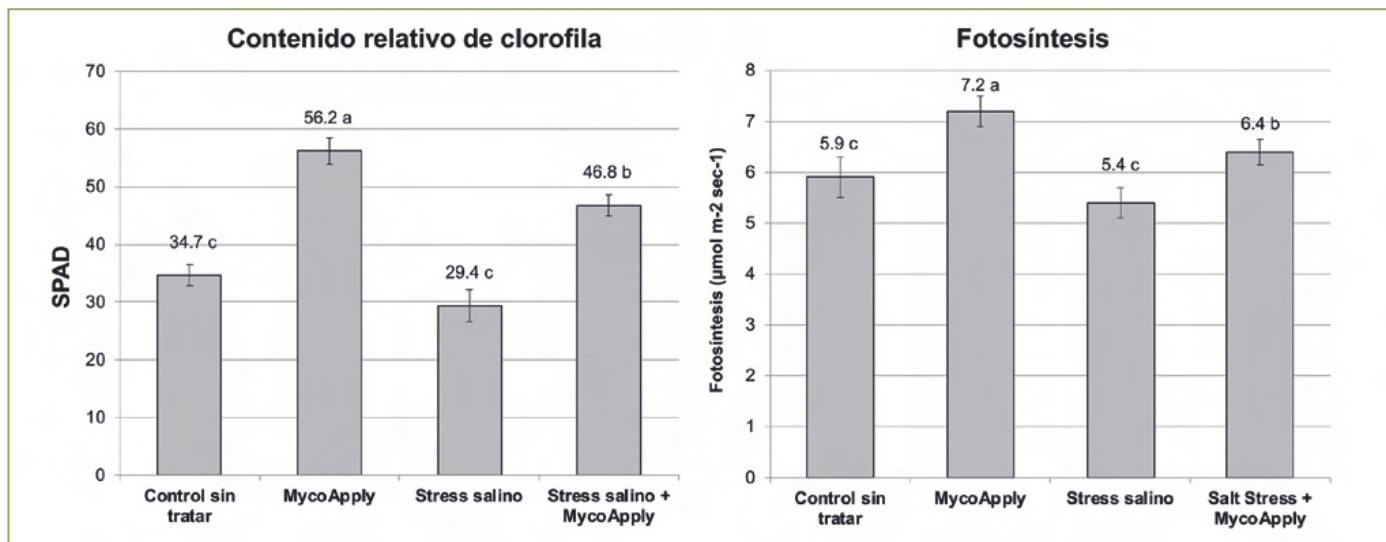


Figura 3. Contenido relativo de clorofila (valor SPAD) y fotosíntesis en hojas de limón en varias combinaciones de tratamientos con hongos micorrícicos y estrés salino.

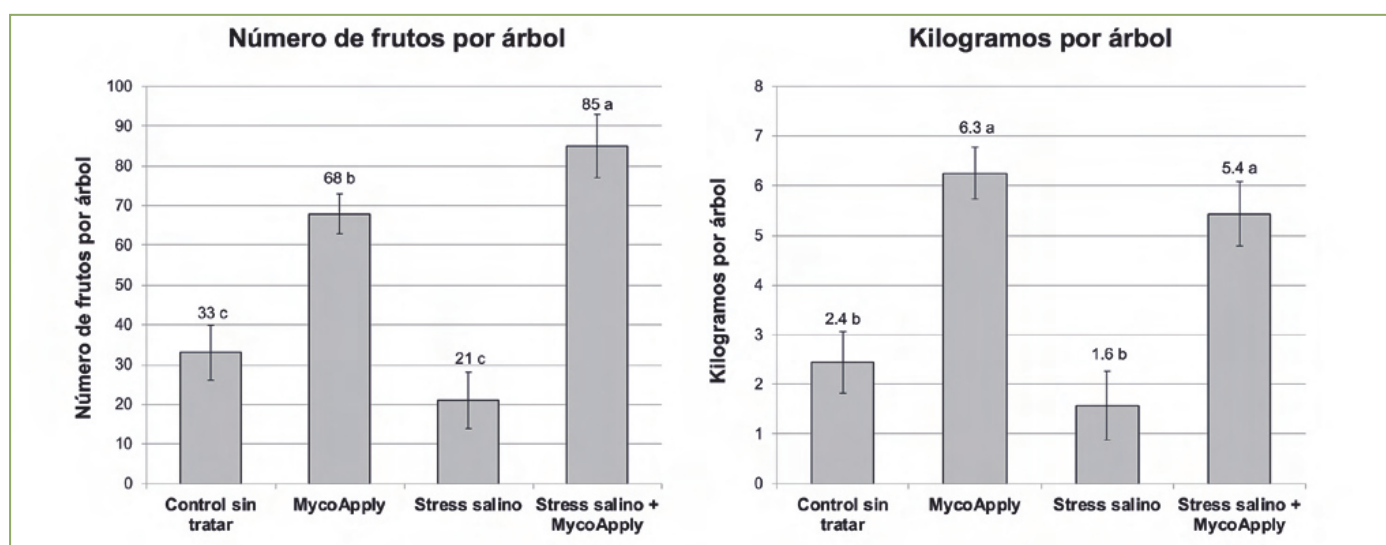


Figura 4. Rendimiento (número de frutos por árbol y kilogramos por árbol) de árboles de limón en varias combinaciones de tratamientos de hongos micorrícicos y estrés salino.

## Bibliografía



- Hermann, B. 2012. Arbuscular mycorrhiza and salt tolerance of plants. *Symbiosis* 58(1-3): 7-16.
- Navarro, J.M., Perez-Torneto, O., Morte, A. 2013. Alleviation of salt stress in citrus seedlings inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi depends on the rootstock salt tolerance. *J. Plant Physiol.* 171(1): 76-85.
- Ruiz-Lozano, J., Porcel, R., Azcon, C., Aroca, R. 2012. *J. Exp. Bot.* 63(11): 4033-4044.
- Vierheilig, H., Schweiger, P., Brundrett, M. 2005. An overview of methods for the detection and observation of arbuscular mycorrhizal fungi in roots. *Physiol. Plant.* 125: 393-404.
- Wu, Q.S., Zou, Y.N., Liu, W., Ye, X.F., Zai, H.F., Zhao, L.J. 2010. Alleviation of salt stress in citrus seedlings inoculated with mycorrhiza: Changes in leaf antioxidant defense systems. *Plant Soil Environ.* 56(10): 470-475.