

“Estrategias para la sostenibilidad agrícola en ambientes áridos: el papel de los hongos micorrízicos arbusculares”

Vargas, Guadalupe S. ^a; Molina, Florencia ^b; Medina, Emilce ^b; Vazquez, Fabio ^b y Paroldi, H. Emilio ^b

a. Universidad Nacional de San Juan – Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales – Dpto. de Biología.

b. Universidad Nacional de San Juan – Facultad de Ingenierías – Inst. de Biotecnología.

e-mail: emilioprd@gmail.com

Resumen

Los ambientes áridos y semiáridos se caracterizan por su escasez de materia orgánica, volviéndolos frágiles y susceptibles a la influencia negativa de la agricultura en su fertilidad. En San Juan, las prácticas agropecuarias se centran en una agricultura intensiva, dependiendo fuertemente de fertilizantes químicos para mejorar la productividad y rentabilidad de los cultivos. Estas prácticas pueden causar problemas ambientales a largo plazo, como la degradación del suelo debido a cambios en parámetros de calidad de suelo. Para abordar estas problemáticas, se necesitan estrategias biotecnológicas que promuevan la sustentabilidad del suelo. Entre ellas, destaca el uso de microorganismos, como los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), para mejorar el desarrollo vegetal y reducir la dependencia de agroquímicos. El presente trabajo se enfocó en evaluar el método más efectivo para generar biomasa de HMA nativos. Sus objetivos específicos incluyeron la recolección de esporas de HMA y la realización de cultivos trampa con diferentes métodos de inoculación: suelo con micorrizas, micorrizas y raíces micorrizadas. Finalmente, se evaluó el contenido de esporas y el grado de colonización de raíces en los tratamientos. Los resultados indicaron diferencias significativas para los tratamientos inoculados con suelo con micorrizas, siendo que presentaron mayor número de esporas y colonización de raíces, sugiriendo que este método es el más efectivo para obtener esporas de HMA. Este enfoque puede ser crucial para producir inoculantes de HMA nativos de manera más eficiente y adaptada a las condiciones climáticas de la provincia, contribuyendo así a la sostenibilidad agrícola en la región.

Palabras clave: Agricultura intensiva, Hongos micorrízicos arbusculares, Sostenibilidad edáfica.

INTRODUCCIÓN

En San Juan, la agricultura intensiva se basa en el uso de aditivos químicos, labranzas profundas e inversión del suelo para lograr la competitividad económica. Sin embargo, a largo plazo, estas técnicas causan un deterioro del medio ambiente y del sistema edáfico, alterando factores clave como pH, conductividad, materia orgánica y nutrientes. Esto afecta el delicado ecosistema microbiano, cuyo papel es indispensable en el ciclo de nutrientes, comprometiendo la estabilidad y capacidad productiva del sistema (Dorneles et al., 2015; Diacono y Montemurro, 2010). El uso de Hongos Micorrízicos es ampliamente difundido debido a los beneficios que esta simbiosis ofrece para el desarrollo de las plantas. Particularmente, el empleo de Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) es de

gran interés en el desarrollo de técnicas biotecnológicas sustentables para el manejo del suelo. Esta simbiosis brinda diversas ventajas a la planta, como una mayor captación de nutrientes, incremento de tolerancia a la salinidad y el estrés hídrico, y resistencia a patógenos (Berbara et al., 2006; Goltapeh et al., 2008). Además, estudios recientes han demostrado que el uso de HMA puede mejorar significativamente la eficiencia en el uso de recursos y promover la sostenibilidad agrícola (Smith et al., 2018; Jiang et al., 2019). Un aspecto fundamental para formular inoculantes a partir de HMA es la selección de hongos nativos, competitivos por estar adaptados a amplias condiciones edafoclimáticas (Saggin Júnior y Lovato, 1999). La eficiencia micorrízica varía según la afinidad del hongo con la planta, las condiciones

de suelo y clima, y el manejo, por lo que el uso de HMA nativos se vuelve una estrategia clave como alternativa al manejo actual de la agricultura, tanto para productores medianos como pequeños. En la provincia de San Juan, no existen antecedentes de trabajos en la temática en relación a HMA nativos. Esta propuesta permitirá establecer técnicas que favorezcan el desarrollo de diferentes cultivos locales de manera más sustentable en acuerdo con los Objetivos de Desarrollo Sustentable 2030.

OBJETIVOS

Evaluar el método más óptimo para generar biomasa de Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) nativos para su posterior inoculación en cultivos. Para ello, se recolectarán esporas de HMA de diferentes suelos de la provincia y se aplicarán mediante distintos métodos de inoculación, evaluando cuál presenta mayor colonización de raíces y contenido de esporas. Además, se tendrá en cuenta la interacción entre las variables evaluadas dado que el suelo es un sistema muy complejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para las muestras de suelo se determinó tomar las mismas en diferentes zonas de la provincia (La Ciénaga, Pocito y El Encón). Para aislar hongos micorrízicos arbusculares (HMA) nativos, se extrajeron esporas mediante el método de decantado húmedo y tamizado, descrito por Gerdemann y Nicholson (1963). Se tomó una muestra de 50 g de suelo, se tamizó y centrifugó con solución de sacarosa al 80% para separar las esporas manualmente empleando una micropipeta y lupa estereoscópica. Para verificar la colonización de las raíces, se realizó una tinción con azul de tripán después de un tratamiento con KOH al 10% y HCl. Para evaluar el efecto del método de inoculación en cultivos trampa, se utilizaron semillas de alpiste (*Phalaris canariensis*) previamente esterilizadas con solución de hipoclorito de sodio al 1% por 10 min. Los tratamientos realizados fueron: control, inoculación con esporas (100 esporas/maceta), inoculación con suelo (50 g de muestra de suelo) e inoculación con raíces. Las macetas se mantuvieron en invernadero durante 3

meses. Para evaluar las variables, se utilizaron los siguientes métodos: tinción de raíces para el porcentaje de colonización; decantado húmedo de Gerdemann y Nicholson para el número de esporas; secado en estufa de muestras para el peso seco de parte vegetativa y raíz; y conteo manual visual para el número de espigas.

Los resultados se analizaron mediante ANOVA y pruebas a posteriori de Tukey con significancia $p < 0,05$. Para los datos que no tenían distribución normal, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Para determinar la distribución de los HMA según los sitios de aislamiento, se realizó un análisis multivariado de componentes principales. Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el software INFOSTAT.

RESULTADOS

En todos los casos, el tratamiento de inoculación con suelo fue el que presentó los mayores valores significativos en todas las variables analizadas. Cabe destacar que en el caso de las variables número de espigas y número de esporas (Fig.2), el tratamiento con suelo presentó grandes diferencias significativas respecto de los demás tratamientos. En el caso de porcentaje de colonización (Fig. 1), también el tratamiento con suelo fue el que presentó no sólo mayor porcentaje de colonización, sino también un grado más avanzado del mismo por el desarrollo de estructuras fúngicas dentro de las células vegetales. Cabe destacar que para las demás variables respuesta analizadas, el tratamiento inoculado con suelo, presentó los mayores resultados significativos, respecto de los tratamientos inoculados con raíces, micorrizas y el testigo.

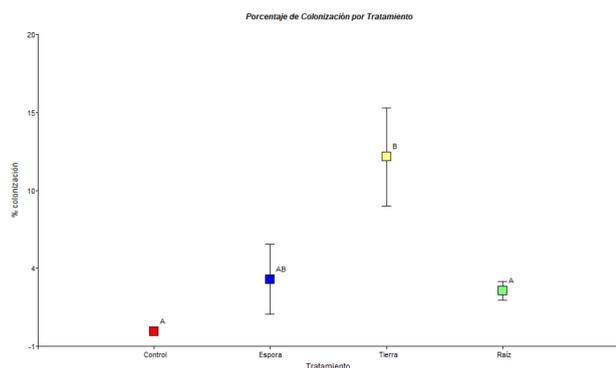


Fig 1: Porcentaje de colonización por tratamiento

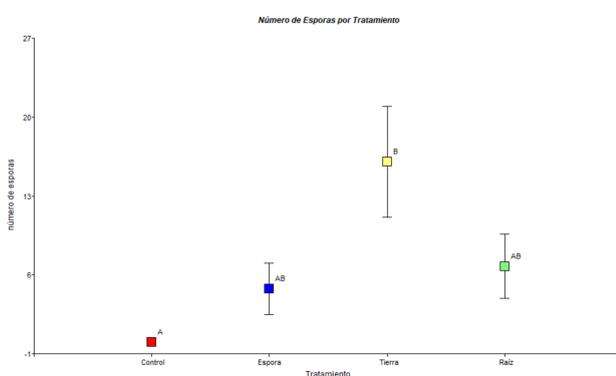


Figura 2: Número de esporas por tratamiento.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A partir de los datos obtenidos, se revela la efectividad del método de inoculación con suelo nativo en todos los aspectos considerados en el presente trabajo, principalmente en las variables más importantes como el porcentaje de colonización y número de esporas. Esto puede deberse al mayor número de esporas presentes en la muestra de suelo empleada y al hecho de que las mismas, al estar en contacto con el ambiente en dónde se desarrollaron, tuvieron mejor desempeño en la colonización al no estar sometidas al estrés de adaptarse a nuevas condiciones edáficas. A su vez, dado que el sistema edáfico es tan complejo, los nutrientes y demás componentes de la muestra de suelo pueden haber tenido un efecto en la colonización de las raíces de los cultivos trampa, afectando a su vez variables como el

peso y el número de espigas. Es importante destacar que, comparando con la bibliografía consultada, el porcentaje de colonización en los tratamientos en general fue menor. Esto puede deberse a diversos factores como el número de esporas inoculadas y presentes en los suelos nativos, la época del año en la cual la muestra de suelo nativo fue tomada, condiciones edáficas, antigüedad de las esporas, entre otras. Un resultado importante a destacar es la relación entre el número de espigas con la presencia de HMA, algo que podría analizarse en detalle en otro estudio para indagar la relación entre el nivel de productividad del cultivo y la colonización de micorrizas. Cabe destacar que este trabajo es de los pocos existentes relacionado al estudio de micorrizas en San Juan, por lo que a partir del mismo se podría afinar la metodología para establecer un método más efectivo y productivo en la inoculación de micorrizas. Además, en futuros trabajos se podría analizar las comunidades de HMA presentes en la provincia y su asociación a los tipos de suelos presentes, estableciendo así información suficiente para formar un cepario provincial. A su vez, un mayor estudio del tema permitiría identificar las especies en suelos antropizados y compararlas con la composición de la comunidad nativa, distinguiendo problemáticas y estrategias de conservación.

Diferentes investigaciones destacan la importancia de los HMA en la mejora de la sostenibilidad agrícola y la resistencia de las plantas a condiciones adversas (Berruti et al., 2016; Jiang et al., 2019). La implementación de estas estrategias podría representar un avance significativo en el manejo de cultivos en regiones áridas, proporcionando beneficios tanto ecológicos como económicos.

BIBLIOGRAFÍA

Barbara, R. L., Souza, F. A., & Fonseca, H. M. A. C. (2006). III-Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. Nutrição mineral de plantas. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, 74-85.

Diacono, M., & Montemurro, F. (2010). Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A

review. *Agronomy for sustainable development*, 30(2), 401-422.

Dorneles, E. P., Lisboa, B. B., Abichequer, A. D., Bissani, C. A., Meurer, E. J., & Vargas, L. K. (2015). Tillage, fertilization systems and chemical attributes of a Paleudult. *Scientia Agricola*, 72(2), 175-186.

Goltapeh, E. M., Danesh, Y. R., Prasad, R., & Varma, A. (2008). Mycorrhizal fungi: what we know and what should we know?. *Mycorrhiza: State of the Art, Genetics and Molecular Biology, Eco-Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics*, 3-27.

Saggin Júnior, O. J., & Lovato, P. E. (1999). Aplicação de micorrizas arbusculares na produção de mudas e plantas micropropagadas. Siqueira JO, Moreira FMS, Lopes AS, Guilherme LRG, Faquin V, Furtini Neta AE, Carvalho Jg, editores. *Inter-Relação Fertilidade, Biologia do Solo e Nutrição de Plantas*. Lavras: Universidade Federal de Lavras. Departamento de Ciência do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 687-703.

Gerdemann, J. W.; Nicholson, T. H. 1963. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans Br Mycol Soc.*, vol. 46, p. 235–244.

Smith, S. E., Jakobsen, I., Grønlund, M., & Smith, F. A. (2018). Roles of arbuscular mycorrhizas in plant phosphorus nutrition: interactions between pathways of phosphorus uptake in arbuscular mycorrhizal roots have important implications for understanding and manipulating plant phosphorus acquisition. *Plant Physiology*, 156(3), 1050-1057.

Jiang, Y., Wang, W., Xie, Q., Liu, N., Liu, L., Wang, D., ... & Han, X. (2019). Plants transfer lipids to sustain colonization by mutualistic mycorrhizal and parasitic fungi. *Science*, 356(6343), 1172-1175.

Berruti, A., Lumini, E., Balestrini, R., & Bianciotto, V. (2016). Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: let's benefit from past successes. *Frontiers in Plant Science*, 7, 124.