



Foto 1. Efecto de la aplicación en semillero de un inóculo comercial de *Glomus* spp. (BIOERA) o de un ecotipo local de *Glomus mosseae* (actualmente *Funnelliformis mosseae* (ICIA), sobre el desarrollo de plántulas del patrón *Citrus macrophylla* cuatro meses después de la siembra en el vivero comercial BENIPLANT (Benicarló, Castellón).

Consideraciones sobre la inoculación micorrícica en viveros de cítricos

En las últimas décadas, la disponibilidad de inóculos comerciales ha facilitado la aplicación de inóculos de hongos micorrícicos en los viveros comerciales, rentabilizando las ventajas de esta práctica respetuosa con el medio ambiente tanto durante la fase de semillero como en el trasplante y aprovechando los beneficios en términos de reducción de aplicación de fertilizantes y una mejor adaptación de las plantas a suelos pobres o degradados. Para evitar resultados indeseados y facilitarle a los técnicos y productores la información necesaria para decidir el uso y la manipulación de este recurso biológico, es importante conocer los factores que influyen en el éxito de la inoculación y en un óptimo desarrollo del hongo durante las primeras fases de cultivo.

**María C. Jaizme-Vega*
y Marta Garzón**

Departamento de
Protección Vegetal.
Instituto Canario
de Investigaciones
Agrarias, ICIA (Tenerife,
Islas Canarias)
*mcjaizme@icia.es

Alberto García

Estación Experimental
de Villareal (Castellón).
Consejería de
Agricultura, Pesca,
Alimentación y Cambio
Climático

Ramón Marqués

Viveros BENIPLANT
S.L. (Castellón)

José Luis Porcuna

Fundación Instituto
Agricultura Ecológica y
Sostenible (FIAES)

Potencial de la inoculación micorrícica en cítricos

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (MA) son unos de los microorganismos edáficos más influyentes y ocupan un lugar privilegiado en la rizosfera. Actúan a modo de intermediarios entre la planta y el suelo formando con las raíces una simbiosis mutualista y universal conocida como micorriza. Estos simbiosiontes influyen en la salud y en el desarrollo de las plantas, facilitan la adquisición de agua y nutrientes, además de contribuir a la calidad del suelo.

Una de las aplicaciones más frecuentes de estos microorganismos es su empleo en viveros y semilleros con el propósito de optimizar el progreso y la nutrición de las plantas durante las primeras fases, ayudarle a superar los estreses derivados del trasplante y amortizar estas ventajas a lo largo de la vida del cultivo en el campo. Esta circunstancia y la capacidad de beneficiarse de la simbiosis de la mayoría de los cultivos agrícolas, hacen de la inoculación micorrícica una práctica muy interesante y adecuada para los sistemas de producción vegetal bajo los criterios de una agricultura sostenible.

Tanto los cultivos anuales como los cereales y legumbres herbáceas, como las hortalizas y los cultivos frutales de diferentes zonas climáticas son susceptibles de beneficiarse de la micorrización. Algunas de estas plantas suelen mostrar un grado considerable de micotrofia (capacidad de captar nutrientes a través de la micorriza), y su óptimo desarrollo depende de un pronto establecimiento de la simbiosis MA (Foto 1).

Este es el caso de los cítricos, uno de los cultivos con mayor dependencia micorrícica conocida, debido a las características de su sistema radical, por lo que requieren de la micorrización para la adquisición de nutrientes con baja movilidad como el P, el Zn y el Cu y alcanzar un óptimo desarrollo (Graham y Syvertsen, 1985). Desde hace varias décadas ya se había determinado que las micorrizas constituyen un factor clave para el desarrollo de los cítricos (Menge y col., 1977) y se había descrito las limitaciones en el desarrollo



Foto 2. Aspecto general de patrones de *Citrus macrophylla* de 20 meses, micorrizados durante el semillero e injertados con limón en el vivero comercial BENIPLANT (Benicarló, Castellón).

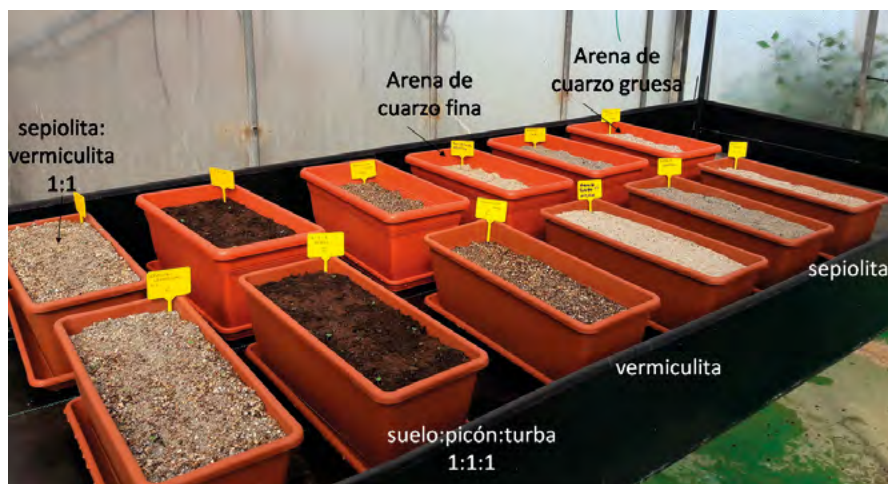


Foto 3. Aspecto general de un ensayo de evaluación del potencial de diferentes materiales como sustratos para multiplicar inóculos micorrícicos en las instalaciones del ICIA (Tenerife).

de las plantas de cítricos en suelos fumigados o con baja actividad biológica (Hatting y Gerdemann 1975). Esta especie ha sido objeto de un gran número de trabajos científicos que han puesto de manifiesto su enorme capacidad para beneficiarse de la inoculación con estos hongos simbiosiontes (Schenck y Tucker 1974; Camprubí y Calvet, 1996; Verbruggen y Kiers, 2010; Ortas, 2012 y Wu y col., 2017).

Actualmente, la aplicación de los inóculos micorrícicos está bastante extendida entre productores y viveristas conscientes de las ventajas

de esta práctica durante la fase de producción y en el trasplante, y de los consiguientes beneficios en términos de reducción de aplicación de fertilizantes y/o adaptación a suelos pobres o degradados (Foto 2).

Sin embargo, la inoculación con hongos micorrícicos se lleva a cabo a veces bajo expectativas poco realistas, consecuencia de un escaso conocimiento de la simbiosis y su contexto. Estas situaciones, propias de un nuevo mercado y de las características biológicas de estos simbiosiontes, pueden originar fracasos

transferencia tecnológica

| micorrizas |

en los resultados que traicionen las expectativas iniciales y que se atribuyan a la poca eficacia de los hongos simbiontes implicados y no a la falta de información para el manejo de las variables implicadas en la simbiosis. Por ello, es importante conocer bien la naturaleza de esta simbiosis, sus posibilidades reales y los límites de su aplicación en los sistemas de producción, para encontrar soluciones técnicas que permitan aplicar cuando las circunstancias así lo aconsejen, y rentabilizar el inmenso potencial de las micorrizas en condiciones agronómicas, teniendo en cuenta las poblaciones nativas de estos microorganismos en cada agrosistema y dentro del marco de una agricultura respetuosa necesitada de insumos naturales, certificables y compatibles con su sistema de manejo.

Por todo esto, consideramos importante conocer los factores que influyen en el éxito de la inoculación y en un óptimo desarrollo del hongo durante las primeras fases de cultivo, para facilitarle a los técnicos y a los productores la información necesaria para decidir el uso y la manipulación de este recurso biológico y que pasamos a comentar a continuación.

Prácticas culturales a considerar para una correcta inoculación micorrízica en vivero

El inóculo

Los inoculantes con base micorrízica existentes hoy en día en el mercado provienen en su mayoría de cultivos hongo-planta producidos en invernadero o cámara de cultivo que utilizan como soporte físico diversos tipos de sustratos 'brutos', tipo suelo, arena, sepiolita, vermiculita, arcilla expandida, etc. (Foto 3).

Se ha avanzado mucho en la calidad y riqueza de los inóculos y, a nivel nacional, el mercado de estos hongos oferta una diversidad de productos con dosis y formatos adaptados a las características de los diferentes sistemas de producción. Actualmente, existen técnicas de fabricación mejoradas que han permitido elaborar productos más acordes a las necesidades de uso de la agricultura de

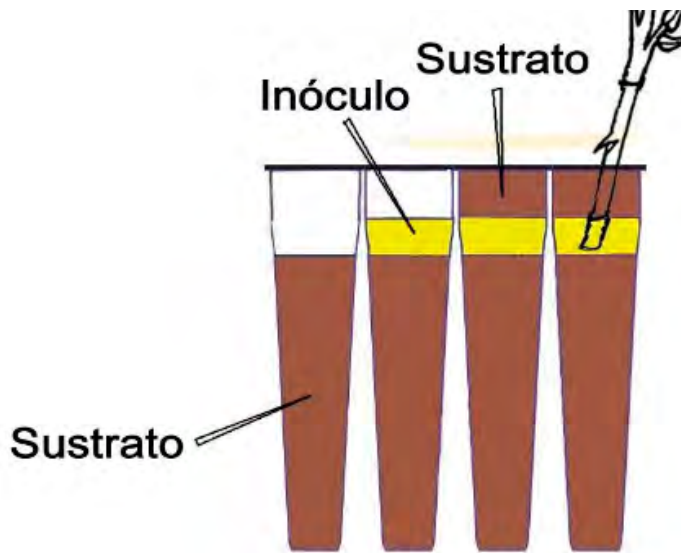


Figura 1. Esquema orientativo para la aplicación de inóculos micorrízicos durante la fase de estaquillado.



Foto 4. Aplicación de inóculo experimental de micorrizas nativas en un semillero de patrones de aguacates antillanos (Maoz) en el ICIA (Tenerife).

transferencia tecnológica

| micorrizas |

este tiempo, como pueden ser formulados que puedan aplicarse con el sistema de riego, recubriendo la semilla o aptos para la dosificación con máquinas abonadoras. Estas adaptaciones para facilitar el uso de los inóculos en los sistemas de producción intensivos, no siempre son exitosas y tienen muchas veces consecuencias sobre la eficacia de los productos.

La inoculación

Consiste en aplicar el inóculo de hongos MA, bajo una semilla, una estaquilla, una planta *in vitro* o cualquier otro material vegetal que se utilice para la multiplicación de la especie que se desee, de forma que las raíces que se emitan tengan que atravesar una capa del mismo, tal y como se describe en la Figura 1 para una estaquilla y en la foto 4 para una semilla. Para ello, basta simplemente con colocar el inóculo lo más próximo posible al material de propagación sobre el sustrato.

En los viveros comerciales, la práctica más adecuada es mezclar, en las proporciones que indique el fabricante, el inóculo con el sustrato turba antes de colocarla en las bandejas de semillero.

El hongo micorrícico

Para seleccionar el hongo a inocular, es importante tener en cuenta las condiciones medioambientales en las que las plantas micorrizadas van a ser introducidas e incluir en la selección de hongos MA ecotipos nativos, que supuestamente están mejor adaptados a las condiciones predominantes de la zona a intervenir (Fotos 5 y 6). Este planteamiento nos obliga a reflexionar sobre la oportunidad de comercializar e introducir cepas nativas de otros ecosistemas, capaces de adaptarse o no, a condiciones locales concretas y sus posibles consecuencias sobre las cepas de hongos micorrícicos nativos y el equilibrio del resto de los microorganismos rizosféricos.

El sustrato

La elección de un sustrato compatible con el inóculo es clave para el éxito de la micorrización, y modula la inoculación y sus efectos en la planta (Foto 7).

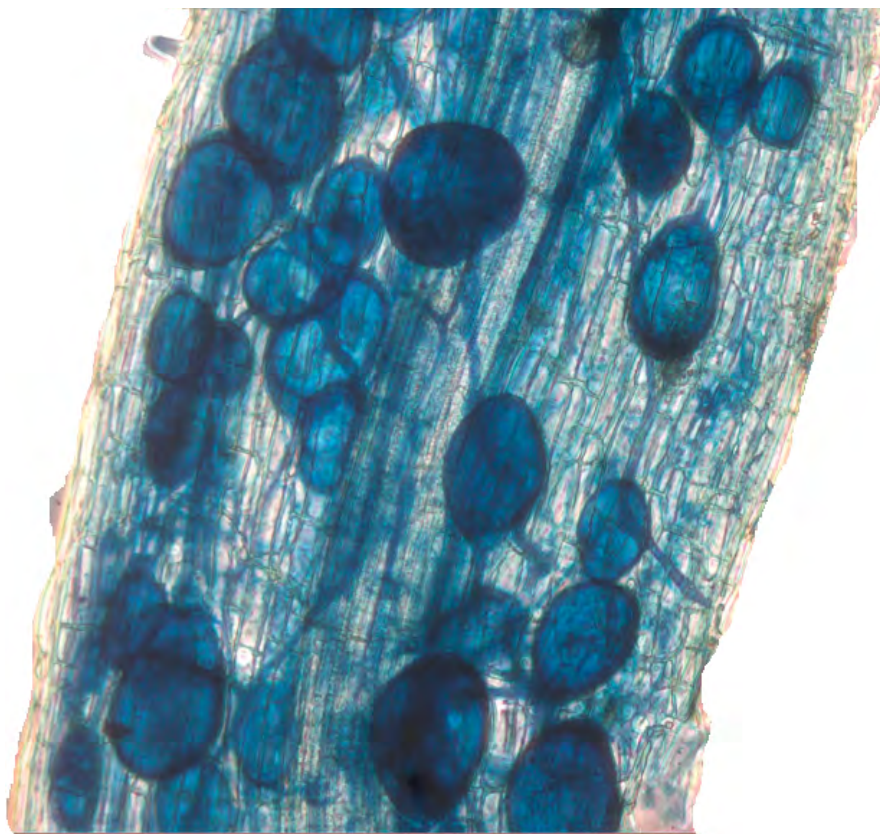


Foto 5. Aspecto al microscopio óptico de una raíz micorrizada.

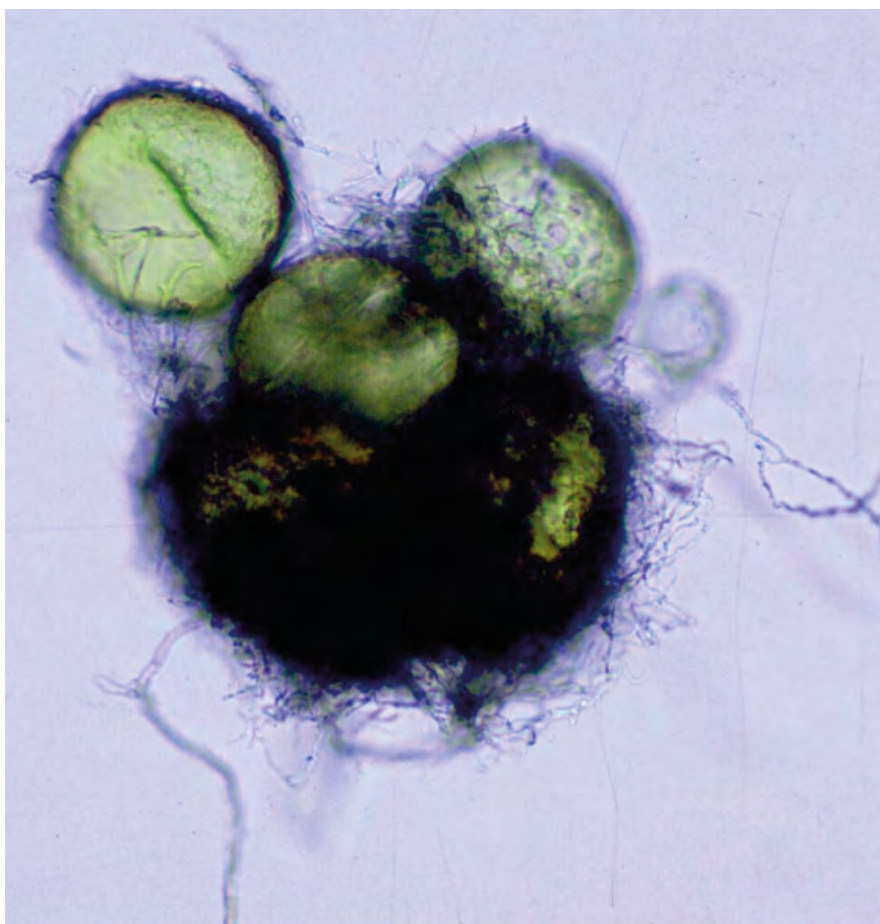


Foto 6. Esporocarpo de *Glomus mosseae* (actualmente *Funneliformis mosseae*) visto al microscopio óptico.

Un sustrato ideal debe tener bajas concentraciones de nutrientes para favorecer la simbiosis. Además, las características físicas del sustrato han de ser adecuadas para un buen desarrollo de la planta, que necesitará una aireación y una humedad apropiadas.

El contenedor

El contenedor debe tener para cada semilla o estaquilla el máximo volumen posible dentro de los criterios aplicables en cada vivero (Foto 8).

Este dato es muy importante para la salud de la futura planta, ya que condiciona el desarrollo radical de la plántula durante los primeros estadios de desarrollo y aumenta la posibilidad de una buena formación de la simbiosis al incrementar las posibilidades de contacto entre el inóculo y la radícula.

El momento de la inoculación

El mejor momento para inocular, siempre que sea posible, es al principio del ciclo de cultivo, durante las primeras fases. De este modo podemos garantizar la formación de la micorriza empleando bajas dosis de inóculo, durante la fase de semillero y estaquillado.

Algunos técnicos y vendedores comerciales recomiendan inocular durante el momento de trasplante a campo, directamente en el surco o en el cantero o incluso una vez establecido el cultivo, mediante el riego o a través de perforaciones en torno al sistema radical. Estos sistemas tienen como inconveniente la necesidad de cantidades de inóculo mayores en relación a las que se usarían si la aplicación se realiza durante las primeras fases de cultivo, además de la posible competencia en el momento de la infección con otros hongos micorrícicos presentes en el suelo de cultivo y que las condiciones edafoclimáticas (nivel de P disponible en el suelo, presencia de fitosanitarios o desinfectantes, temperatura y humedad...), no sean las más favorables al hongo micorrícico. Sin embargo, hay que considerar que en las condiciones de los semilleros industriales, donde se manejan cantidades importantes de plantas con sistemas de cultivo de alta precisión y sujetos a una normativa que

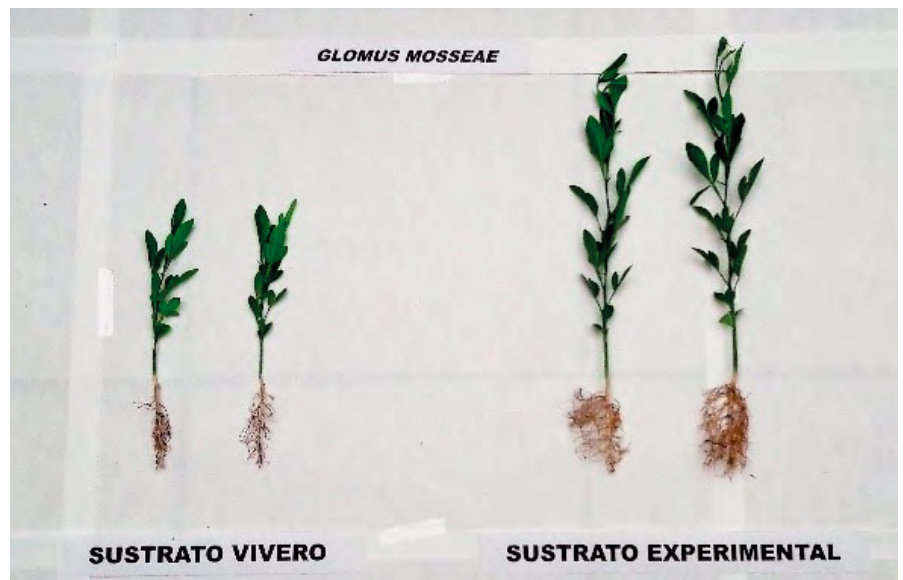


Foto 7. Efecto de la compatibilidad sustrato-inoculo micorrícico sobre el desarrollo de patrones de Forner Alcaide 5, cuatro meses después de ser inoculados en el semillero con un ecotipo local de *Glomus mosseae* (actualmente *Funneliformis mosseae*) (ICIA). (Sustrato Vivero: turba rubia: fibra de coco 7:3; Sustrato Experimental: Vermiculita: turba rubia cernida: arena de sílice 1:1:1).



Foto 8. Plantas del patrón *Citrus macrophylla* inoculadas en semillero con un inóculo comercial de *Glomus* spp. (BIOERA) en un sustrato de vivero (bandeja de delante) o en sustrato experimental pobre en nutrientes (bandeja de atrás).

conlleven el empleo de turbas, fertirriegos y aplicaciones de productos sistémicos específicos, la inoculación en el momento de la siembra complica aún más el proceso. Estas circunstancias estresantes para la planta no facilitan la instalación del hongo en la raíz y es difícil garantizar el éxito de la micorrización. En estos casos, la aplicación del inóculo en el momento de trasplante parece más adecuada.

Prácticas agronómicas

Después de la inoculación debe seguirse el protocolo normal para cada especie, con la excepción de la nutrición y los tratamientos fitosanitarios, eliminando de la rutina la aplicación de productos fungicidas e insecticidas que puedan afectar al hongo micorrícico directamente, así como fertilizantes que alteren de manera brusca los contenidos nutricionales del sustrato (Foto 9).

transferencia tecnológica

| micorrizas |

Las plantas micorrizadas pueden utilizar más eficientemente los nutrientes del medio. El nutriente que más influye en el 'efecto micorriza' es el P y no se deben esperar efectos positivos en suelos con niveles altos de fósforo asimilable (de manera general, por encima de 100 ppm de P, Olsen).

Las plantas deben estar en el lugar que más les convenga para su buen desarrollo y los riegos deben hacerse según sus necesidades hídricas, evitando encharcamientos o sequías.

Ventajas de la inoculación

Una micorrización exitosa durante la fase de semillero o estaquillado solo puede originar ventajas para la planta, para el suelo de destino y por supuesto para el agricultor. Estos beneficios se materializan en primer lugar en un ahorro de fertilizante, en la producción de plantas más homogéneas y robustas, con arquitecturas más equilibradas y con mejor resiliencia frente a situaciones de estrés de cualquier naturaleza que aquellas que no tienen micorriza. El cuajado de los frutos es menos sensible a los estreses y las cosechas pueden ser más tempranas y abundantes. Las concentraciones de nutrientes y las



Foto 9. Plantas del patrón Citrange Carrizo inoculadas en semillero y trasplantadas a dos sustratos diferentes para evaluar la compatibilidad sustrato-inóculo micorrícico, en el vivero de BENIPLANT (Benicarló, Castellón).

características organolépticas de los frutos pueden también ser mejores.

Abstract

In recent decades, the availability of commercial inocula has facilitated the application of mycorrhizal fungus inocula in commercial nurseries, making the benefits of this environmentally friendly practice both during the seedling phase and in the transplant, and taking advantage of the bene-

fits in terms of reduced application of fertilizers and better adaptation of plants to poor or degraded soils. To avoid unwanted results and provide the technicians and producers with the necessary information to decide the use and handling of this biological resource, it is important to know the factors that influence the success of the inoculation and in an optimal development of the fungus during the first phases of culture.

Bibliografía

- Camprubí, A. y Calvet, C. 1996. Isolation and screening of mycorrhizal fungi from citrus nurseries and orchards and inoculation studies. *HortScience* 31(3):366-369.
- Graham, J. y Syvertsen, J. 1985. Host determinants of mycorrhizal dependency of citrus rootstock seedlings. *New Phytologist*, 101 (4): 667-676.
- Hattingh, M. y Gerdemann, J. 1975. Inoculation of Brazilian sour orange seed with an endomycorrhizal fungus. *Phytopathology* 65:1013-1016.
- Menge, J., Nemeč, S., Davis, R., Minassian, V. 1977. Mycorrhizal fungi associated with citrus and their possible interactions with pathogens. *Proc. Int. Soc. Citriculture*. 3:872-876.
- Ortas, I. 2012. Mycorrhiza in citrus: growth and nutrition. En Kumar, A. (eds.) *Advances in Citrus Nutrition*. Springer-Verlag, Netherlands, Capítulo 23, pp.333-351.
- Schenck, N. y Tucker, D. 1974. Endomycorrhizal fungi and the development of citrus seedlings in Florida fumigated soils. *J. Amer. Soc. Hort.* 99:284-287.
- Verbruggen, E. y Kiers, E. 2010. Evolutionary ecology of mycorrhizal functional diversity in agricultural systems. *Evolutionary Applications*, 3 85-6): 547-560.
- Wu, Q., Kumar, A., Zou, Y., Malhotra, S. 2017. Mycorrhizas in citrus: Beyond soil fertility and plant nutrition. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 87 (4):427-43.