



*Ensayo de tomate industrial en Badajoz (2010). En primer término la producción de las parcelas micorrizadas y detrás la de las no micorrizadas*

## MICORRIZAS Y MANEJO DE FERTILIZACIÓN EN CULTIVOS HORTÍCOLAS

# MYCOSYM TRI-TON®

El correcto manejo de la fertilización mineral u orgánica para obtener elevados rendimientos en los cultivos ha sido siempre pieza clave en la agronomía. Sin embargo, se olvida históricamente la influencia de los microorganismos del suelo sobre las dinámicas de los nutrientes y su eficacia en ponerlos a disposición de las plantas. Hoy se conoce bien que los microorganismos rizosféricos afectan al crecimiento y nutrición vegetal, y que un desequilibrio en sus poblaciones y sus funciones puede ocasionar la pérdida de una productividad sostenida.

Entre los principales grupos de microorganismos rizosféricos, con mayor influencia sobre el crecimiento y la nutrición vegetales, están los de naturaleza simbiótica. En este grupo de organismos existen especies con demostrados efectos sobre el control biológico de patógenos, la estimulación del crecimiento vegetal, así como la transformación química de formas no asimilables por las plantas (Barea, 1986; Bethlenfalvay y Linderman, 1992).

// ENTRE LOS ORGANISMOS SIMBIÓTICOS CABE DESTACAR A LOS HONGOS FORMADORES DE MICORRIZA ARBUSCULAR (MA), IMPLICADOS EN EL RECICLAJE DE NUTRIENTES CLAVES EN LA NUTRICIÓN VEGETAL COMO EL NITRÓGENO Y EL FÓSFORO //

En general, el hongo MA capacita y facilita a la planta asociada para incrementar la captación de iones poco móviles o localizados en micrositos no accesibles por las raíces, principalmente fosfatos, poniendo al alcance de las plantas una cantidad seis veces superior al que conseguirían en su ausencia.

La eficiencia en capturar fósforo por el micelio del hongo MA hace que la concentración de este elemento sea 1000 veces superior en el micelio fúngico que en el suelo (Azcón, 2000).

### MICORRIZAS

Se denomina micorriza a la asociación simbiótica mutualista entre ciertos hongos microscópicos que residen en el suelo y las raíces de las plantas. En esta asociación,

el hongo convive con la planta en el interior de sus raíces e interacciona con el medio rizosférico mediante una red de hifas que extiende hacia el exterior de la raíz. La interacción resulta en mutuo beneficio al establecerse un flujo bidireccional en el que el hongo suministra nutrientes y agua desde el suelo a la planta en tanto que el hongo se nutre de los productos carbonados que produce la planta en la fotosíntesis. Es conocido que más del 90% de las especies vegetales presenta algún grado de micotrofia, esto es, presenta un determinado grado de dependencia respecto de un hongo formador de micorrizas para su correcto crecimiento (Koide, 1993).

Mediante esta relación, la planta tiene mayor capacidad de desarrollarse de forma adecuada, particularmente cuando se encuentra en condiciones subóptimas o en entornos de estrés, como déficit hídrico, salinidad, desequilibrios o carencias nutricionales, ataques por algunos patógenos de raíces y estreses generales por la adaptación al medio en los trasplantes (Barea *et al.*, 2002; Atkinson *et al.*, 2002; Barea y Olivares, 1998; Davies *et al.*, 2000).

### ► Incremento en la eficiencia de absorción de nutrientes

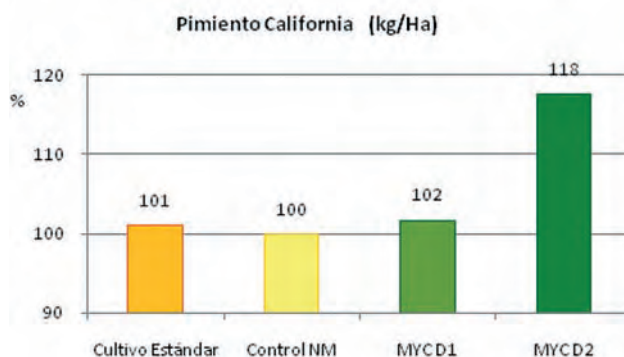
El micelio extrarradical de los hongos micorrízicos puede absorber activamente elementos minerales en volúmenes de suelo más allá de la zona de agotamiento

que limita la absorción por la raíz y transferirlos a la planta con la que se asocia. El efecto directo de la simbiosis sobre la nutrición mineral de las plantas se manifiesta primordialmente en suelos con baja o desequilibrada fertilidad, para aquellos nutrientes poco móviles y/o que están presentes en bajas concentraciones en la solución del suelo (Smith y Read, 1997; Clark y Zeto, 2000). Aunque este efecto se ha comprobado para varios elementos (P, Zn, Cu, NO<sup>3-</sup> y NH<sup>4+</sup>), el ejemplo más característico es la absorción de fósforo, el cual se ha demostrado que es transportado por las hifas del hongo incluso en contra de gradiente de concentración (Ferrol *et al.*, 2002; Bolan, 1991; Miyasaka y Habte, 2001).

**EXPERIENCIAS DE APLICACIÓN DE MYCOSYM TRI-TON® EN CULTIVOS AGRÍCOLAS**

MYCOSYM ha desarrollado productos basados en hongos formadores de micorriza arbuscular (en particular, *Glomus intraradices*) con disponibilidad industrial y calidad estandarizada. Tenemos experiencias de tratamientos con MYCOSYM TRI-TON® en multitud de especies agrícolas, obteniendo buenos resultados en la mejora de rendimiento y calidad de los mismos, precocidad de las producciones o en la mejor respuesta ante estreses bióticos (tolerancia a enfermedades causadas por hongos del suelo y nematodos) y abióticos (hídrico, temperatura, trasplante, desequilibrios y carencias nutricionales, salinidad). Suele observarse en estas experiencias que las respuestas de las plantas micorrizadas son mayores (mayor rendimiento, precocidad o cali-

**GRÁFICO 1 / Variación porcentual del rendimiento (kg/ha) del pimiento californiano en invernadero referida al tratamiento Control NM. Los tratamientos MYC D1 y MYC D2 están inculados con MYCOSYM TRI-TON®. Todos los tratamientos tienen una reducción de fertilización salvo el Cultivo Estándar**



dad) cuanto mayor es la presión de los estreses referidos.

**Olivos:** Mayor vigor y rendimiento, precocidad en la entrada en producción y mejor tolerancia a verticilosis.

**Cítricos:** Mayor vigor y rendimiento, precocidad de la producción y resistencia a Phytophthora.

**Tabaco:** Mayor rendimiento (10%) y calidad de la hoja (10%). Reducción de ataques de nematodos.

**Pimientos en invernadero:** Incremento de rendimiento del 19% y fuerte precocidad de las primeras cosechas.

**Berenjenas en invernadero:** Incrementos del 8% en rendimiento y fuerte precocidad de las primeras cosechas.

**Melón en invernadero:** Incrementos de rendimientos sobre el 15% con importante reducción de destríos en producción.

**Tomate industrial:** Incrementos del ren-

dimiento entre el 6% y el 20% en función de la fertilidad del suelo. **Pimiento campo abierto:** Incrementos de rendimiento en torno al 20% con notable precocidad de la producción.

**Melón campo abierto:** Incrementos de rendimientos sobre el 20% con fuerte precocidad de la producción.

**Sandías campo abierto:** Incremento de rendimiento (26%) y de calidad (3,3% en °Brix).

**Lechugas campo abierto:** Incremento de rendimiento del 14%, precocidad en la cosecha, reducción de marras.

**EXPERIENCIAS DE APLICACIÓN DE MYCOSYM TRI-TON® EN CULTIVOS HORTÍCOLAS CON MANEJO DE FERTILIZANTES**

Presentamos dos casos como ejemplos, por representar dos entornos de cultivo distintos: pimiento en invernadero y sandía a cielo abierto. Puesto que las dosis y manejo de la fertilización son particulares para cada explotación agrícola (suelo, clima, especie y ciclo de cultivo, historial de la finca, etc.) no se cuantificarán las dosis de las fertilizaciones para resaltar la importancia del manejo combinado de la micorriza y una fertilización eficiente.

► **Pimiento en invernadero**

En la campaña 2009/10 se realizó un ensayo de aplicación de MYCOSYM TRI-TON en una explotación de pimiento californiano en la zona de El Ejido (Almería). Se ensayaron dos dosis de MYCOSYM TRI-TON aplicado según recomendaciones del fabri-

**MYCOSYM®**

- ✓ **Trasplante más seguro**
- ✓ **Mejor alcance y uso de agua y nutrientes**
- ✓ **Plantas más sanas y vigorosas**
- ✓ **Aumento del rendimiento y precocidad de la cosecha**
- ✓ **Resistencia y recuperación de estreses (enfermedades, etc...)**



MYCOSYM-TRITON S.L.  
 Paseo de Bollullos de la Mitación, 6  
 Parque Industrial A-49 (PIBO)  
 41110 Bollullos de la Mitación, Sevilla  
 Tel. +34 95 577 6725  
 Fax +34 95 577 6711  
 informa@mycosym.com



cante (mezclado en el semillero con el sustrato utilizado convencionalmente) a dos dosis diferentes. En el invernadero, para los tratamientos micorrizados y una zona de control (no micorrizada) se practicó una reducción de la fertilización mediante la eliminación total de la misma durante los dos primeros meses tras el trasplante. En el resto del invernadero el cultivo se maneja convencionalmente (sin micorriza y sin reducción en fertilización). Se registró el peso total (kg) de la cosecha obtenida en cada tratamiento micorrizado, el control y el cultivo convencional en todas las cosechas efectuadas por el agricultor. En los resultados, representados en el **Gráfico 1**, puede observarse que la inoculación fue efectiva para cualquier dosis de las ensayadas, aunque el rendimiento fue significativamente mayor en la dosis *D2*. Hay que tener presente que los tratamientos inoculados tuvieron una reducción de fertilización, por lo que la comparación más interesante es con el *Cultivo Estándar*, que no está inoculado ni sufrió reducción en la fertilización. Este es un clásico efecto de dependencia de la respuesta a la inoculación según la fertilidad. De hecho, puede comprobarse como el beneficio neto de la inoculación se produce ya en la dosis *D1* (inoculado y con reducción de fertilización) al conseguirse prácticamente el mismo rendimiento que el obtenido en el *Cultivo Estándar* (no inoculado y sin reducción de fertilización). Con la dosis *D2* se consiguió un beneficio doble al incrementarse significativamente el rendimiento hasta el 18% junto con el ahorro de fertilizante.

► Sandía al aire libre

En la campaña 2010 se realizó en un ensayo de aplicación de MYCOSYM TRI-TON en sandía (tipo Fashion injertada) en la zona de Águilas (Murcia). Se contemplaron las variables “inoculación” y “fertilización”. La inoculación se efectuó según recomendaciones del fabricante y estuvo compuesta por cuatro tratamientos: no micorrizada (NM), aplicación de MYCOSYM TRI-TON solo en el semillero (MYC Semillero), solo en el momento del trasplante (MYC Trasplante) y en ambos momentos (MYC Doble). La fertilización incluyó cuatro niveles (F1, F2, F3 y F4). Para todas las cosechas efectuadas por el agricultor, se tomaron los pesos de cada sandía de las parcelas experimentales diseñadas. Adicionalmente, en la primera cosecha y a fin de detectar pre-

**TABLA 1 / Valores de rendimiento y calidad en cultivo de sandía al aire libre. Se presentan los datos agrupados por tratamiento de inoculación con MYCOSYM TRI-TON®, con los valores de cada tratamiento de fertilización y el promedio. <sup>1</sup> Coeficiente de Variación para kg/fruto. <sup>2</sup> Contenido en azúcar para muestras de 10 sandías por tratamiento en la primera cosecha. <sup>3</sup> porcentaje de diferencia para kg/ha referido al promedio del tratamiento Control NM. En cada parámetro, letras distintas indican diferencias significativas entre los promedios (LSD, 95%).**

Tratamiento		Frutos/m <sup>2</sup>	Kg/fruto	CV (%) <sup>1</sup>	°Brix <sup>2</sup>	Kg/Ha	% NM <sup>3</sup>
MYCOSYM	Fertilización						
NM	Promedio	0,91 a	4,96 a	24,4	11,14 a	53.902 a	100
Control	F1	1,15	5,17	15,4	11,17	68.834	124
	F2	0,66	4,86	23,7	10,83	51.732	93
	F3	0,83	4,80	24,2	11,16	49.928	90
	F4	0,89	5,27	35,3	11,25	51.257	92
MYC	Promedio	1,21 b	4,99 a	21,1	11,52 ab	68.657 b	124
Semillero	F1	1,45	5,03	23,1	11,50	75.298	136
	F2	1,11	4,96	22,4	11,83	61.378	111
	F3	1,14	4,80	17,8	11,50	60.564	109
	F4	1,12	5,17	16,9	12,25	77.389	140
MYC	Promedio	0,94 a	5,09 b	20,6	11,81 b	57.571 ab	104
Trasplante	F1	0,82	5,25	15,1	11,92	55.687	100
	F2	1,08	5,13	20,1	11,50	60.759	110
	F3	0,94	4,77	10,9	11,91	45.846	83
	F4	0,94	5,21	14,8	11,92	67.990	123
MYC	Promedio	1,21 b	4,99 ab	19,3	11,35 ab	63.873 ab	115
Doble	F1	1,37	4,95	14,8	11,50	72.453	131
	F2	1,02	5,14	26,1	10,83	60.358	109
	F3	1,09	4,93	17,5	11,41	54.609	99
	F4	1,35	4,92	15,3	11,66	68.073	123

cocidad en la madurez de los frutos, se registró el contenido en azúcar (°Brix) de una muestra de 10 sandías por tratamiento. Los resultados completos se pueden ver en la **Tabla 1**, en la que se han resaltado los valores promedio para los tratamientos agrupados por la variable “inoculación”. Puede observarse que, para todos los parámetros obtenidos (frutos/m<sup>2</sup>, kg/fruto y kg/ha), la inoculación es efectiva en todos los casos, si bien, es significativa cuando la inoculación se realiza en semillero. Esto es lógico puesto que con esta metodología se dispone al hongo micorrízico lo más próximo posible a las raíces susceptibles de formar micorrizas y lo antes posible, lo que permite que la simbiosis se efectúe ya desde el estado de plántula. Inoculaciones posteriores, como la efectuada en el momento del trasplante a campo, no suelen dar el tiempo suficiente para el establecimiento de la micorriza o lo hace cuando la planta es menos susceptible a la infección y la consiguiente respuesta fisiológica es menor. Es importante recordar que, en todos los casos, el cultivo de las plantas fue el conven-

cional del semillero y que la colonización micorrízica fue corroborada mediante tinción histológica de las raíces. Respecto a la interacción entre los tratamientos de inoculación y fertilización, se puede observar cómo las respuestas a la inoculación varían según la fertilidad y no correspondiendo necesariamente el rendimiento más alto obtenido para el nivel de fertilización F1 en el Control NM con el mismo nivel de fertilización para los tratamientos inoculados. Una vez más, se pone de manifiesto que la eficiencia en el uso de los nutrientes gracias a la micorriza facilita un manejo de la fertilización en consonancia. Debe tenerse en cuenta que algunas de las variables introducidas no son económica o técnicamente viables en una situación real de una explotación agrícola (por ejemplo la doble micorrización o la inoculación al trasplante). Por ello, es necesario enfocar los resultados particularmente al caso de la inoculación en semillero y habrá que adaptar la fertilización (generalmente a la baja pero de forma particular a cada explotación) al manejo del cultivo micorrizado.