

Mejora del rendimiento del cultivo del arroz mediante la aplicación de micorrizas aisladas en condiciones salinas

Félix Fernández-Martin
SYMBORG.S.L.

José Miguel Dell'Amico
Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. (La Habana, Cuba)

Juan José Alarcón
Emilio Nicolás
Francisco Pedrero
Centro de Edafología y Biología Aplicada del Seguro-
CSIC

Se ha estudiado la efectividad agrobiológica del hongo formador de micorrizas (HMA) *Glomus sp₁*, (previamente aislado en condiciones altamente salinas) en plantas de arroz cultivadas bajo diferentes condiciones de salinidad. Para ello, se ha utilizado un diseño estadístico completamente aleatorizado con dos factores: inoculante micorrízico y salinidad del suelo.

// LA SALINIDAD ES EL FACTOR MEDIOAMBIENTAL MÁS IMPORTANTE QUE LIMITA EL ESTABLECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE LAS PLANTAS //

El objetivo de este trabajo consistió en evaluar el nivel de afectación de la simbiosis establecida entre el hongomicorrízico arbuscular (HMA), previamente aislado en suelos salinos, *Glomus sp₁*, y plántulas de arroz (*Oriza sativa* var. J.104) cultivadas en condiciones de inundación y bajo diferentes condiciones de salinidad, bajo la hipótesis de que la actividad simbiótica de especies de HMA aisladas de suelos con elevado grado de salinidad pudiera utilizarse para mejorar el rendimiento del cultivo de arroz bajo condiciones similares.

Los tratamientos inoculados con este microorganismo expresaron una elevada actividad micorrízica, alcanzando altos valores de ocupación fúngica. Independientemente del grado de salinidad aplicado, las plantas inoculadas siempre alcanzaron valores más elevados de biomasa, rendimiento y nutrientes foliares que aquellas no tratadas con el hongo. El tratamiento sin inocular en suelo salino presentó una clara inhibición del crecimiento vegetal así como menor actividad micorrízica, relacionado con una baja adaptabilidad a esta condición de estrés de los HMA nativos. Estos resultados ponen de manifiesto que el uso de especies de HMA adaptadas a elevadas condiciones de salinidad puede ser de gran interés para el cultivo del arroz cultivado en suelos sódicos-salinos del área mediterránea.

SALINIZACIÓN Y MICORRIZAS

La salinización secundaria es un problema mundial creciente, ya que se estima que más del 6% de las tierras agrícolas del mundo (1 billón de ha) se han salinizado en los últimos veinte años (Ghassemi *et al.*, 1995). La agricultura intensiva, altamente productiva y de gran rentabilidad económica, ha sido parcialmente responsable de este aumento de salinidad en el suelo debido principalmente a manejos inapropiados del riego y el uso de gran cantidad de fertilizantes (Tanji, 1990). En la actualidad, la salinidad es el factor medioambiental más importante que limita el establecimiento y productividad de las plantas (Allakhverdiev *et al.*, 2000).

Es preciso, por tanto, la implantación de prácticas de agricultura sostenible que permitan mejorar la eficiencia en el uso del agua, evitar los problemas de salinización y mantengan la alta rentabilidad de los cultivos.

► Uso de bioproductos

En esta línea de actuación, las nuevas normativas europeas de control de productos químicos en la agricultura, están promoviendo el empleo de bioproductos beneficiosos para el enriquecimiento del suelo. Estos bioproductos deben permitir mejorar de forma sostenible el rendimiento de los cultivos, dotándoles de una buena predisposición para superar condiciones de estrés específicas (salinidad,

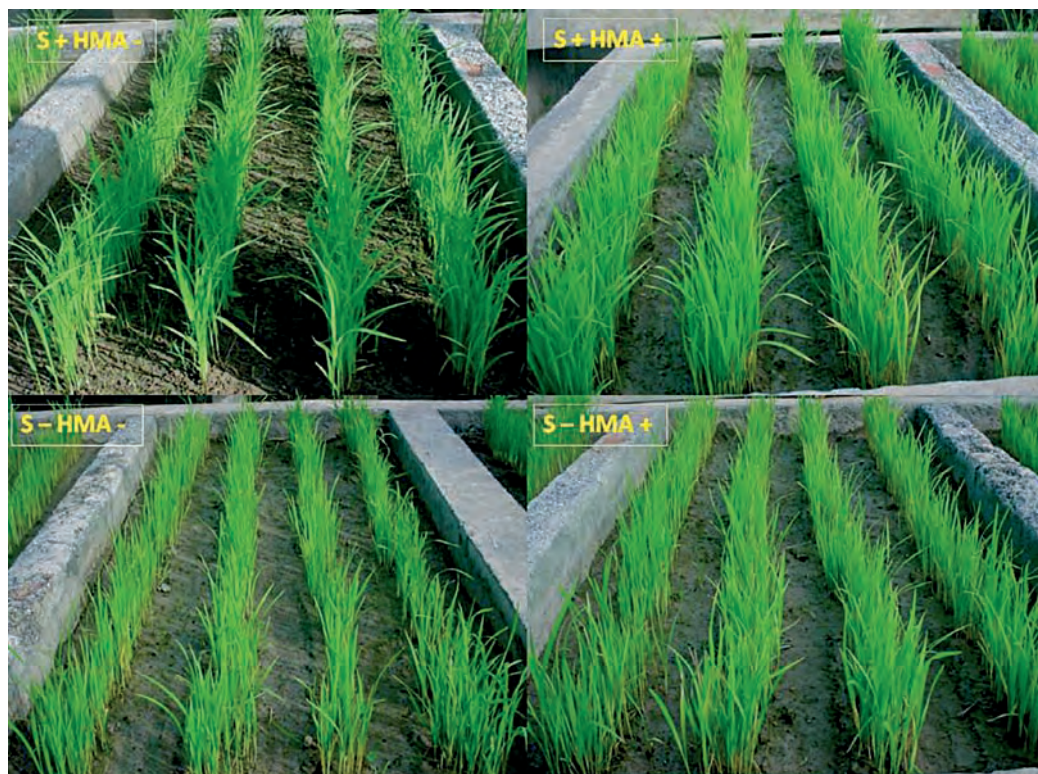


FOTO 1. Detalle de la fase inicial del cultivo: Suelo sin salinizar y sin micorrizar (S- HMA-), Suelo sin salinizar micorrizado (S- HMA+), Suelo salinizado sin micorrizar (S+ HMA-) y Suelo Salinizado y micorrizado (S+ HMA+)

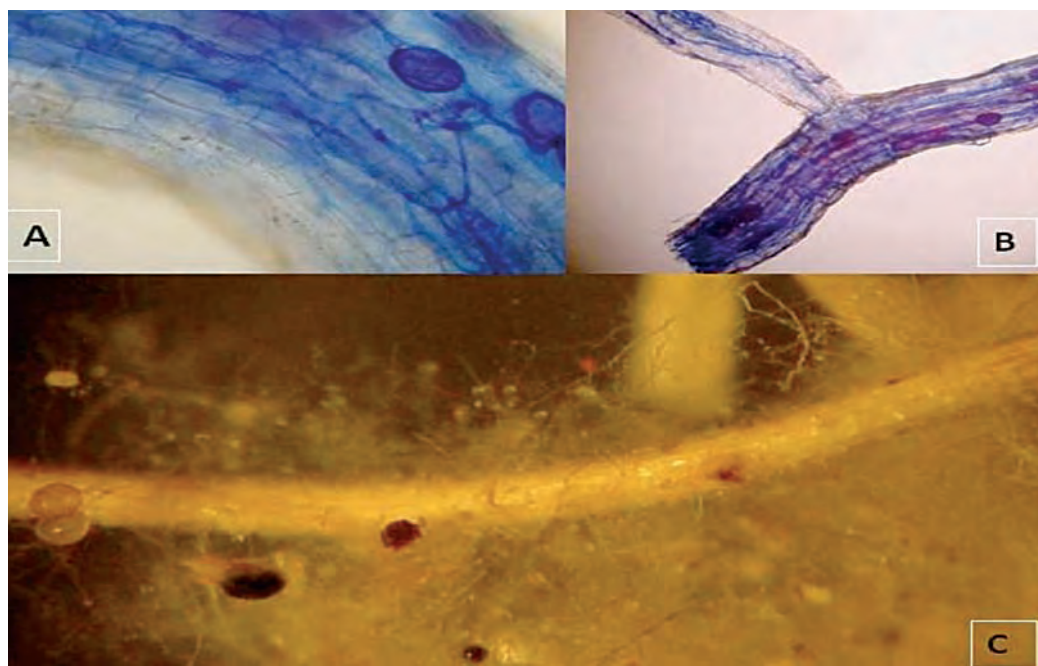


FOTO 2. A, B: Raíces jóvenes con vesículas al finalizar el ciclo del cultivo. C: Raíz joven colonizada con un profuso micelio externo

déficit hídrico, fitopatologías, etc.).

Un ejemplo de este tipo de bio-productos son los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), que desempeñan un papel importan-

te en la nutrición de los cultivos y contribuyen a la supervivencia y crecimiento de las plantas, al reducir el impacto del estrés biótico y/o abiótico en las mismas (Hause and Fester, 2005;

Hamel and Plenchette, 2008). En este sentido, algunos trabajos han mostrado la presencia de micorrizas arbusculares relacionadas con condiciones de estrés salino del suelo (Ruiz-Lozano y

Azcón 2000; Aliasgharzadeh *et al.* 2001), y han demostrado la tolerancia de las plantas a la salinidad provocada por una adecuada simbiosis micorrízica (Carvalho *et al.* 2004).

DISEÑO EXPERIMENTAL

El trabajo se desarrolló sobre plantas de arroz (*Oriza sativa* L.) de la variedad J 104 en un diseño experimental completamente aleatorizado con dos factores, inoculante micorrízico y salinidad, resultando un total de 4 tratamientos (Foto1):

- S- HMA -: Suelo sin salinizar y sin micorrizar
- S- HMA+: Suelo sin salinizar y micorrizado
- S+ HMA-: Suelo salinizado y sin micorrizas
- S+ HMA+: Suelo salinizado y micorrizado

El suelo utilizado se clasificó como Hidromórfico Gley Nodular (Hernández *et al.*, 1999). Para la obtención de un suelo altamente salino se aplicó una dosis de 30 g NaCl/kg suelo⁻¹ un mes previo a la siembra. En función de los tratamientos aplicados se diferenciaron dos tipos de suelo con distintos contenidos de Sodio (Na) y conductividad eléctrica (C.E.), evidenciándose dos condiciones de salinidad (suelo natural: 198.5 ppm Na y 1.5 dS m⁻¹ de C.E.; suelo salino: 1222.1 ppm Na y 7.5 dS m⁻¹ de C.E.). El resto de parámetros químicos fueron similares en ambos tipos de suelos, con valores de pH ligeramente alcalinos (8.2), elevado grado de Fósforo (P) asimilable (130 ppm), bajo contenido en materia orgánica (2%) y valores elevados de Calcio (Ca⁺⁺), Potasio (K⁺) y Magnesio (Mg⁺⁺).

La fertilización se realizó 15 días antes de la siembra en todos los tratamientos, aplicando un abonado de fondo de 50 y 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y K₂O, respectivamente. En el caso del Nitrógeno (N), se aplicó 75 kg ha⁻¹ de Urea, de forma fraccionada,

además se realizaron dos aplicaciones foliares de Sulfato de Zn al 0.25%.

La especie de HMA empleada fue *Glomus sp₁*, previamente aislada de un suelo salino con conductividad eléctrica superior a los 7.3 dS m⁻¹ y un contenido de Na de 1240 ppm. La obtención del inoculante micorrízico y la inoculación del arroz (recubrimiento de semillas a razón del 5 %) se realizó según la metodología descrita por Fernández *et al.* (1999).

MEDIDAS DE ACTIVIDAD FÚNGICA Y DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO

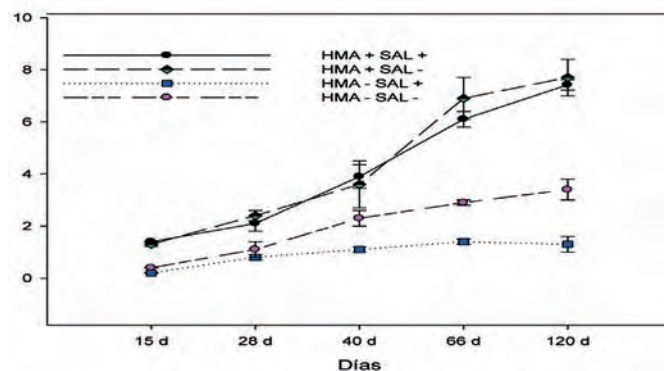
A lo largo del experimento se evaluó de forma periódica la ocupación fúngica (**Foto 2**) y la densidad de esporas, así como el porcentaje de colonización micorrízica (Trouvelot *et al.*, 1986). También se determinó el porcentaje de germinación de semillas, la evolución de la biomasa y el contenido foliar de nitrógeno y fósforo. El rendimiento del cultivo se expresó como número de panículas, rendimiento del grano (kg ha⁻¹) e Índice de Eficiencia calculado como:

$I.E (%) = (Te - C / C) \times 100$,
Donde: Te, tratamiento evaluado y C, tratamiento control (HMA-SALT-).

NIVELES DE MICORRIZACIÓN

La mayor ocupación fúngica se observó en las plantas inoculadas, con independencia del nivel de salinidad del suelo (**Gráfico 1**). En las plantas no micorrizadas, la adición de NaCl provocó una disminución de la actividad micorrízica nativa (**Gráfico 1**). Por otra parte, los mayores valores de esporas se obtuvieron en los tratamientos inoculados (50 Esporas g⁻¹), siendo el tratamiento no inoculado y con adición de NaCl, el que mostró el menor número de esporas (12 Esporas g⁻¹). Los niveles de efectividad micorrízica son similares a los

GRÁFICO 1 / Evolución del % de ocupación fúngica durante el desarrollo del cultivo del arroz



encontrados para este hongo en cultivos de tomate y lechuga creciendo en condiciones de suelos sódicos-alcalinos (Fernández *et al.* 2006). Los elevados valores de colonización micorrízica encontrados en este ensayo tienen una gran relevancia si tenemos en consideración que fueron obtenidos en condiciones de inundación típicas del cultivo del arroz. La baja concentración de Oxígeno no afectó al crecimiento, desarrollo y fisiología de los hongos.

GERMINACIÓN, BIOMASA Y ACUMULACIÓN DE NUTRIENTES

Los mayores valores de germinación se observaron en los tratamientos inoculados, con independencia de las diferencias de salinidad de los suelos, existien-

do una marcada inhibición de la germinación en el caso del suelo salino en ausencia de la aplicación de HMA (S+ HMA-).

La producción de biomasa siguió un patrón de comportamiento similar al encontrado para los valores de micorrización. Los mayores valores de producción de biomasa (tanto radical como total) se alcanzaron en los tratamientos inoculados, con independencia de los valores de salinidad en el suelo (**Gráfico 2**). Las plantas no micorrizadas creciendo en suelo no salino adquirieron valores de crecimiento intermedio (**Gráfico 2**), y finalmente las plantas no micorrizadas que crecían sobre suelos salinos fueron las que presentaron reducciones más importantes en sus valores de producción de biomasa (**Gráfico 2**).

En el caso de los contenidos fo-

liares de N y P los mejores resultados se alcanzaron en los tratamientos inoculados, lo que evidencia una fuerte traslocación de nutrientes por parte de esta especie de hongo tanto en suelos salinos como no salinos (**Gráfico 3**).

RENDIMIENTO

El análisis del rendimiento y sus componentes arrojó interacciones significativas entre todos los tratamientos y para todos los parámetros considerados. Los mayores valores, tanto en el número de panículas como en el rendimiento expresado en toneladas de grano por hectárea, fueron alcanzados en los tratamientos inoculados. Sin embargo el mayor rendimiento en términos absolutos se alcanzó en el suelo salinizado, no existiendo diferencias significativas con su homólogo sin salinizar (**Tabla 1**). Notables incrementos en el índice de eficiencia de 30 y 52.16% fueron observados en los tratamientos inoculados, no salino y salino respectivamente, lo que evidencia la adaptación de la especie de HMA empleada frente a diferentes condiciones de salinidad (**Tabla 1**). En el caso de los tratamientos no inoculados, la salinidad produjo una reducción significativa del rendimiento, alcanzando el tratamiento HMA-SAL+ los valores más bajos

GRÁFICO 2 / Evolución de la biomasa seca total, radical encontrados en las plantas de arroz en las distintas fenofases del cultivo.

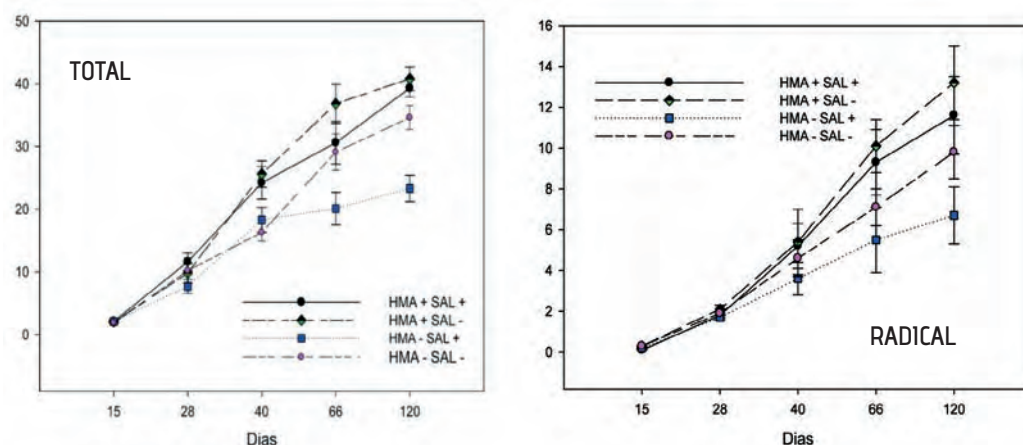


TABLA 1 / Componentes del rendimiento determinados en el momento de la cosecha.

Tratamientos	No Panículas	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	I.E (%)
HMA+SAL-	7.33 a	5.41 a	30.00
HMA+SAL+	8.33 a	6.33 a	52.16
HMA-SAL-	5.00 b	4.16 b	
HMA-SAL+	1.66 c	3.33 c	- 19.95
Es x	1.2 ***	2.7***	

Letras iguales en la misma columna no difieren significativamente para $P \leq 0.001$.

I.E: Índice de Eficiencia sobre el rendimiento del cultivo

de producción, con índices de eficiencia negativos (inferiores a los encontrados en condiciones no salinas).

CONCLUSIONES

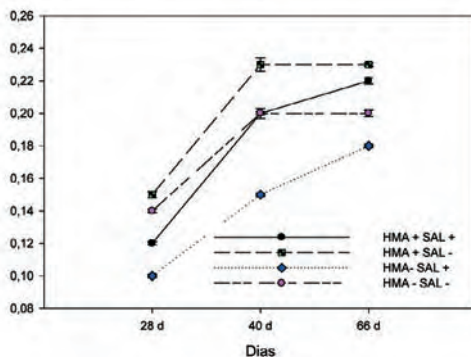
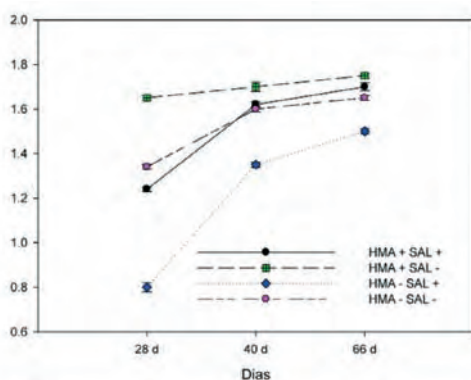
La especie de HMA utilizada, aislada de un suelo salino, no sólo presentó elevados porcentajes de colonización micorrizica cercanos al 42 %, sino que tuvo un efecto agrobiológico significativo traduciéndose en los mayores rendimientos y contenidos nutricionales en las plantas inoculadas que crecían en condiciones de estrés salino.

Se puede concluir que el funcionamiento de una especie de HMA bajo condiciones de fuerte salinidad depende de las condiciones edáficas en las que fue originariamente aislada, de manera que puede mantener su capacidad simbiótica en condiciones salinas, una vez empleada como biofertilizante.

BIBLIOGRAFÍA

Queda a disposición del lector en los correos electrónicos: redaccion@editorialagricola.com y jalarcon@cebas.csic.es

GRÁFICO 3 / Evolución de los contenidos foliares de N y P encontrados en las plantas de arroz en las distintas fenofases del cultivo



**editorial
agrícola**

te desea
**FELICES
FIESTAS**