

TECNOLOGÍAS PARA LA INOCULACIÓN CON MICORRIZAS EN TRIGO
INTA EEA Pergamino,
Proyecto Regional Agrícola, Campaña 2013.

Ings. Agrs. (MSc) Gustavo N. Ferraris y Lucrecia A. Couretot

Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 (B2700WAA) Pergamino

gferraris@pergamino.inta.gov.ar

INTRODUCCIÓN

El término micorrizas hace referencia a la simbiosis hongo-raíz ("myces-rhiza"). Esta simbiosis es un fenómeno general en los vegetales. Casi la totalidad de las plantas verdes, con algunas excepciones, viven en simbiosis con hongos.

Las plantas cultivadas de interés agrícola producen simbiosis con especies del tipo endomicorrizas. Este es el tipo más extendido de micorrizas, la mayoría de las plantas arbustivas y herbáceas poseen este tipo de asociación, y casi la totalidad de las plantas cultivadas, con la excepción de las crucíferas y las quenopodiáceas.

Estos hongos inferiores que forman endomicorrizas vesículo-arbusculares (V-A) pertenecen a un solo grupo, las Glomales (Zygomycetes), con seis géneros y un centenar de especies distribuidas en todos los continentes. Se caracterizan por provocar pocos cambios en la estructura visible de la raíz. Generalmente no se observa un crecimiento denso de hifas en la superficie radicular, no hay un manto. Sin embargo hay una red miceliar interna. En estos microorganismos el micelio invade la raíz, inicialmente de manera intercelular, pero luego penetra en el interior de las células radicales, desde la rizodermis hasta las células corticales. Una vez dentro de las células, forma minúsculas arborescencias muy ramificadas que se llaman arbusculos. Estos arbusculos son los que aseguran una gran superficie de contacto entre ambos simbioses. Estos arbusculos tienen una vida efímera, de algunos días hasta algunas semanas, y siempre terminan por ser digeridos por la planta hospedadora.

También en el interior de la raíz se encuentran comúnmente vesículas, que son los órganos de reserva del hongo. Por la producción de estas vesículas y arbusculos, estas micorrizas reciben comúnmente el nombre de V-A.

Los beneficios de los hongos micorrícicos para las plantas cultivadas son diversos:

- 1) Incrementan el área fisiológicamente activa en las raíces.
- 2) Incrementan la captación de las plantas de agua y nutrientes como fósforo, nitrógeno, potasio y calcio del suelo.
- 3) Incrementan la tolerancia de las plantas a las temperaturas del suelo y acidez extrema causadas por la presencia de aluminio, magnesio y azufre.
- 4) Proveen protección contra ciertos hongos patógenos y nematodos.
- 5) Inducen relaciones hormonales que producen que las raíces alimentadoras permanezcan fisiológicamente activas por periodos mayores que las raíces no micorrizadas.

Los objetivos de este experimento fueron 1. Caracterizar el efecto sobre la implantación, el vigor inicial, la acumulación de biomasa, contenido de Nitrógeno (N) en hoja y el rendimiento de trigo de tratamientos con el inoculante Crinigan, el cual contiene esporas de micorrizas vesículo-arbusculares y otros microorganismos, 2. Evaluar tecnologías que facilitarían su utilización práctica, como la preinoculación y el uso de polímeros protectores y 3. Analizar la interacción con la disponibilidad de N. Hipotetizamos que 1. Los microorganismos y nutrientes aportados tienen la capacidad de promover el crecimiento vegetal y mejorar el rendimiento del cultivo de trigo 2. Los efectos son constantes en todo el rango de dosis de N evaluadas en esta experiencia, siendo aplicables a una variedad de situaciones productivas.

Palabras clave: micorrizas, promotores de crecimiento, preinoculación, trigo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento de campo en la localidad de Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino, Argiudol típico. El ensayo fue sembrado el día 24 de Junio, en Siembra directa, siendo la variedad Nidera Baguette 601. El antecesor fue soja de primera. El experimento se fertilizó con fósforo (P) de base, y dos niveles de N y azufre (S). Se evaluaron tratamientos sobre semilla, que consistieron en el uso de curasemillas, protectores y tratamientos biológicos, combinados con dos niveles de N. El experimento fue conducido con un diseño en bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. La denominación de los mismos se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: *Tratamientos evaluados en el ensayo.*

	Curasemillas	Tratamientos biológicos	Protector	Momento inoculación	Nivel de N
					Dosis fertilizante (kg ha⁻¹)
T1					N1: 150 kg de 40-0-0-S6 N2: 300 kg de 40-0-0-S6
T2	Carbendazim+thiram 2,5 ml/kg	Crinigan Trigo		7 d.a.s.	N1: 150 kg de 40-0-0-S6 N2: 300 kg de 40-0-0-S6
T3	Carbendazim+thiram 2,5 ml/kg	Crinigan Trigo	Polímero 1	7 d.a.s.	N1: 150 kg de 40-0-0-S6 N2: 300 kg de 40-0-0-S6
T4	Carbendazim+thiram 2,5 ml/kg	Crinigan Trigo	Polímero 2	7 d.a.s.	N1: 150 kg de 40-0-0-S6 N2: 300 kg de 40-0-0-S6
T5	Carbendazim+thiram 2,5 ml/kg	Crinigan Trigo		siembra	N1: 150 kg de 40-0-0-S6 N2: 300 kg de 40-0-0-S6

Previo a la siembra, se realizó un análisis químico de suelo por bloque, cuyos resultados promedio se expresan en la Tabla 2. El sitio contaba con una moderada disponibilidad hídrica inicial, que alcanzó a 130 mm de agua útil (0-140 cm).

Tabla 2: *Análisis de suelo al momento de la siembra*

Prof	pH		Materia Orgánica	N total	Fósforo disponible	N-Nitratos (0-20) cm	N-Nitratos suelo 0-60 cm	S-Sulfatos suelo 0-20 cm
	agua 1:2,5		%		mg kg ⁻¹	ppm	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
0-20	5,4		2,73	0,130	8,0	12,7	58,8	8,2
	Magnesio	Potasio	Calcio	Zinc	Manganeso	Cobre	Hierro	Boro
	ppm	ppm	ppm	ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm
0-20	161	461	1488	0,57	38,9	1,16	57,0	0,73

En el estado de Zadoks 25 (final de macollaje) se determinó la acumulación de biomasa total. En Zadoks 41 (aristas visibles) se estimó N en hoja bandera mediante una medida adimensional no destructiva con Spad y el vigor de planta. En antesis (Z65) se midió la intercepción de radiación y altura de planta. La cosecha se realizó en forma mecánica, recolectado toda la parcela. Sobre muestra de cosecha se determinó NG (número de grano) y PG (peso de los granos). Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza (ANVA), comparaciones de medias y análisis de regresión.

RESULTADOS

A) Características climáticas de la campaña

En 2013, el almacenaje inicial de agua en el suelo fue favorable. Sin embargo, los cultivos transitaban un prolongado período sin precipitaciones hasta el mes de setiembre, donde comenzaron a

recomponerse las lluvias (Figura 1). A excepción de noviembre, las precipitaciones estuvieron permanentemente por debajo de la media histórica.

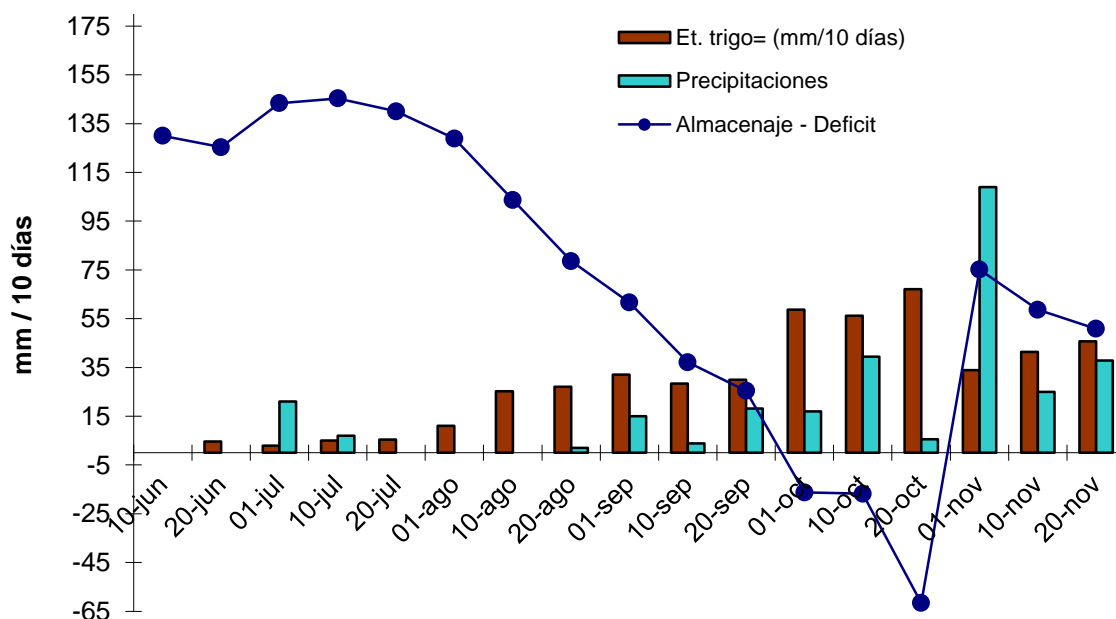


Figura 1: Evapotranspiración, precipitaciones y balance hídrico, expresados como lámina de agua útil (valores positivos) o déficit de evapotranspiración (valores negativos) para trigo en Pergamino. Valores acumulados cada 10 días en mm. Año 2013. Lámina de agua útil inicial (140 cm) 130 mm. Precipitaciones durante el ciclo: 300,9 mm.

En la Figura 2 se presenta el cociente fototermal (Q) (Fisher, 1985), el cual representa la relación existente entre la radiación efectiva diaria en superficie y la temperatura media diaria, y es una medida del potencial de crecimiento por unidad de tiempo térmico de desarrollo. En 2013 la frecuencia de días soleados fue elevada, sin embargo predominaron altas temperaturas, limitando el cociente fototermal (Figura 2 y Tabla 3).

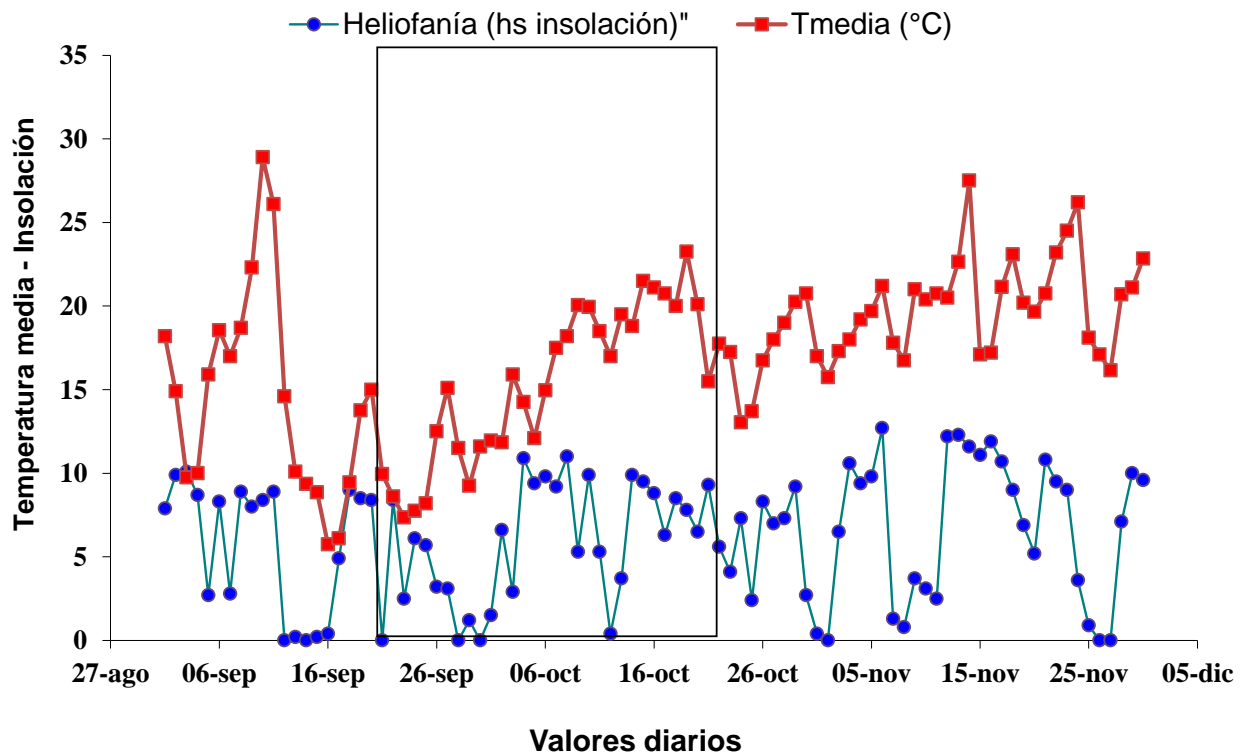


Figura 2: Horas diarias de insolación y temperaturas medias diarias en Pergamino en el período comprendido entre 1 de Setiembre y 1 de Noviembre de 2013.

Tabla 3: Insolación efectiva (hs), Temperatura media (C°) y Cociente fototermal Q (T base 0°C) para el período crítico del cultivo de Trigo en la localidad de Pergamino. 1 al 30 de octubre en 2010, y 15 de setiembre al de 15 de octubre en el resto de los años.

Condiciones ambientales	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Año 2008	Año 2009	Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013
Insolación Efectiva media (hs)	7,2	7,1	5,9	6,9	8,3	7,45	6,8	5,0	5,6
T media del período °C	15,1	17,1	15,0	16,4	13,4	14,8	14,8	14,3	13,5
Cociente fototermal (Q) (Mj m-2 día-1 °C-1)	1,24	1,10	1,12	1,10	1,56	1,34	1,19	1,11	1,20

b) Resultados del experimento

En la Tabla 4 se presentan datos de variables intermedias y observaciones tomadas durante el ciclo de cultivo, mientras que en la Tabla 5 el rendimiento y sus componentes.

Tabla 4: Parámetros morfológicos de cultivo: Plantas emergidas, altura de plantas, Materia seca a finales de macollaje (Z25), índice de vigor, lecturas de intensidad de verde en unidades Spad e intercepción en antesis. En la línea inferior se presenta la correlación (R^2) de cada variable con los rendimientos. Tratamientos de semilla bajo dos niveles de Nitrógeno en Trigo. Pergamino, año 2013

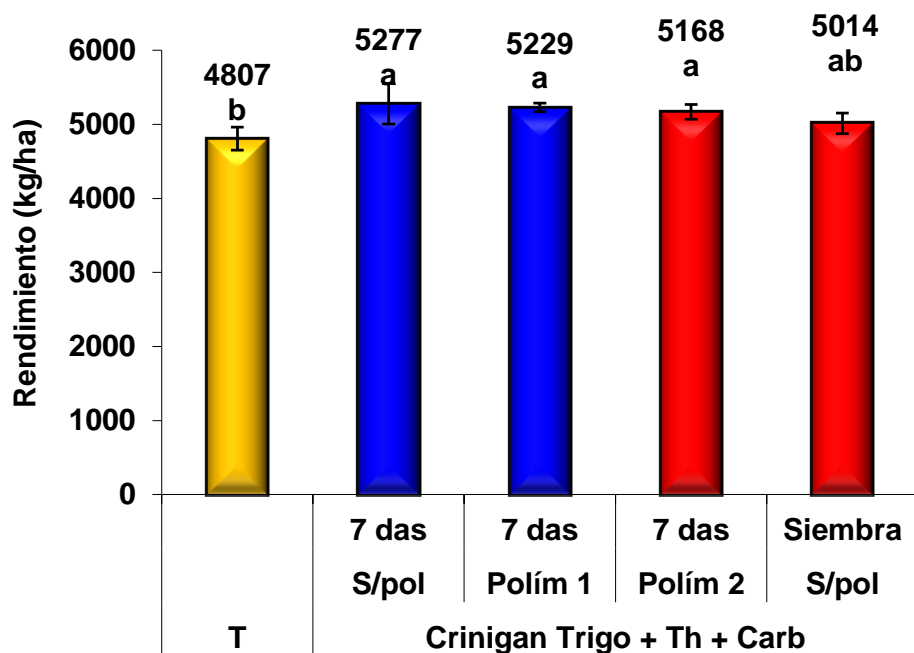
T	Factor 1: Tratamientos semilla	Dosis N (kg ha ⁻¹)	Plantas emergidas /m ²	MSeca Z25 (kg ha ⁻¹)	Índice de Vigor R2	Altura planta (cm)	Unidades Spad R2	Cobertura Z65 (%)
T1	Testigo	150 kg (N40S6)	295	824	4,0	77	49,6	93
T2	Crinigan 7 d.a.s.		350	843	3,8	81	44,7	94
T3	Crinigan + Polím1 7 d.a.s.		260	981	4,0	81	48,9	95
T4	Crinigan + Pol ím2 7 d.a.s.		320	862	3,9	80	45,4	95
T5	Crinigan siembra		245	1029	4,2	82	45,5	96
T1	Testigo	300 kg (N40S6)	255	948	4,1	82	48,1	95
T2	Crinigan 7 d.a.s.		270	1029	4,2	83	51,1	97
T3	Crinigan + Polím1 7 d.a.s.		255	871	4,2	83	46,1	96
T4	Crinigan + Pol ím2 7 d.a.s.		225	967	4,1	85	47,9	98
T5	Crinigan siembra		250	743	4,3	85	49,6	98
	R² vs rendimiento		0,10	0,09	0,15	0,40	0,21	0,47

Índice de Vigor: 1 mínimo 5-máximo

Zadoks 25: final de macollaje

Tabla 5: Rendimiento (kg ha⁻¹), componentes, y respuesta absoluta a tratamientos de semilla bajo dos niveles de N en Trigo. Pergamino, año 2013.

T	Factor 1: Tratamientos semilla	Factor 2: Dosis N (kg ha ⁻¹)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	NG/m ²	PG x 1000 (g)	Dif con testigo absoluto (kg ha ⁻¹)
T1	Testigo	150 kg (N40S6)	4630	10519	44,0	
T2	Crinigan 7 d.a.s.		4891	11693	41,8	261
T3	Crinigan + Polím1 7 d.a.s.		5254	11436	45,9	624
T4	Crinigan + Polím2 7 d.a.s.		5087	11877	42,8	457
T5	Crinigan siembra		4790	10637	45,0	160
T1	Testigo	300 kg (N40S6)	4983	11775	42,3	
T2	Crinigan 7 d.a.s.		5663	12878	44,0	680
T3	Crinigan + Polím1 7 d.a.s.		5204	12628	41,2	221
T4	Crinigan + Polím2 7 d.a.s.		5250	11827	44,4	267
T5	Crinigan siembra		5238	11730	44,7	255
				0,70	0,01	
	Tratamientos de semilla (P=)		0,083			
	Dosis N (P=)		0,008			
	Tratamientos de semilla x Dosis N (P=)		0,193			
	CV (%)		4,3%			



Tratamientos sobre semilla

Figura 3: Producción media de grano de trigo según tiempos de inoculación y tratamientos de semilla con micorrizas, curasemillas y polímeros de protección. Los valores son promedio de dos niveles de NS. Letras distintas sobre las columnas indican diferencias significativas entre tratamientos (LSD $\alpha=0,10$). Las barras de error representan la desviación standard de la media. Pergamino, año 2013.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

* Los rendimientos oscilaron entre 4630 y 5663 kg ha⁻¹ (Tabla 5), expresando un ambiente favorable durante todo el período de determinación del NG –antesis- y PG –llenado-, a pesar de una prolongada etapa invernal sin precipitaciones.

* Se determinaron efectos individuales significativos de dosis de N ($P=0,008$) y tratamiento de semilla ($P=0,083$)(Tabla 3).

* El incremento en dosis de N aumentó los rendimientos de manera significativa. El trigo, a causa de su potencial productivo y de crecer en una etapa de baja mineralización, es una especie exigente y de alta respuesta a NS.

* Los tratamientos de semilla incrementaron los rendimientos de manera significativa, más allá de la tecnología asociada (Figura 3). Las diferencias obtenidas abarcaron un rango de 160 a 624 kg ha⁻¹ en baja dosis de NS, y de 221 a 680 kg ha⁻¹ en alta dosis. El complemento de un polímero no fue una tecnología relevante. La preinoculación se mostró exitosa, alcanzando rendimientos similares y aun con una tendencia superior al tratamiento de siembra (Figura 3).

* A partir de un análisis de correlación (R^2), NG, cobertura y altura de planta fueron las variables que en mayor medida explicaron las diferencias en los rendimientos.

* Las hipótesis 1 es aceptada: se verificaron aumentos en los rendimientos a causa de un grupo de tratamientos de semilla. Estos incrementos fueron significativos y se debieron a la inoculación, más que a otras tecnologías asociadas. Como hecho saliente, se verifica la viabilidad de anticipar la inoculación, al menos 7 d.a.s. La hipótesis 2 es igualmente aceptada, al verificarse la independencia entre nivel de fertilización y los tratamientos de semilla.

LITERATURA CITADA

Micorrizas: <http://www.ffp.csiro.au/research/mycorrhiza/intro.html>

Fungi of the Lindsay-Parsons Biodiversity Preserve
<http://ccfb.cornell.edu/BDPdatabase.html>

Mycological Resources on the Web (Virtual Library). www.mycology.cornell.edu

Systematic Botany and Mycology Databases Online