



Proyecto Regional Agrícola Desarrollo Rural

Estación Experimental Agropecuaria Pergamino "Ing. Agr. Walter Kugler"

RESPUESTA A LA UTILIZACIÓN COMBINADA DE AZOSPIRILLUM Y FERTILIZANTE FOLIAR EN TRIGO

Ings. Agrs. Gustavo Ferraris (MSc), Ricardo Pontoni, Ramón Solá y Lucrecia Couretot*

Introducción

La fertilización con elementos tales como nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) ha generado notables incrementos en los rendimientos de trigo y otros cultivos. Es por ello que su utilización hoy ya no es discutida, y son habitualmente incorporados en los planteos tecnológicos.

Más allá de estos insumos tradicionales, existen nuevas tecnologías con potencial para mejorar los rendimientos y la eficiencia de uso de los nutrientes. La utilización de inoculantes biológicos incorporados como tratamiento de semilla es una práctica que en los últimos tiempos ha demostrado un creciente interés, a punto tal que microorganismos como *Pseudomonas*, *Azospirillum* y otros son incluidos en ensayos de investigación, parcelas demostrativas y utilizados comercialmente por no pocos productores. Efectos como una más rápida implantación, mayor crecimiento radicular, tolerancia mejorada a patógenos, fijación biológica y solubilización de nutrientes son habitualmente reportados en estas experiencias, además de incrementos de rendimiento que suelen ubicarse entre el 5 y 10 % sobre los testigos no inoculados, como valores medios. Dado el creciente valor de los fertilizantes, las mejoras derivadas de una mayor eficiencia de uso de los nutrientes resultan considerablemente rentables.

Aún cuando el panorama planteado es alentador, es necesaria mucha investigación sobre aspectos tales como la selección de especies, cepas y formulaciones que aumenten la estabilidad del inoculante y la supervivencia de los microorganismos introducidos.

Adicionalmente, el uso de fertilizantes foliares y fungicidas en planteos optimizados de producción, puede otorgar un adicional en rendimiento y calidad del producto cosechado.

El objetivo de este ensayo fue evaluar el impacto productivo la inoculación con *Azospirillum* y la aplicación de un fertilizante foliar sobre el rendimiento y la calidad de un cultivo de trigo. Hipotetizamos que estas tecnologías impactan positivamente, provocando un efecto aditivo sobre los rendimientos.

Materiales y métodos

El ensayo se condujo en el establecimiento "El Tala" de la localidad de Arrecifes, campo experimental fruto del convenio AER Arrecifes-Fundación Angélica Stegmann, sobre un suelo serie Arroyo Dulce (Argiudol típico). El experimento fue conducido con un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones y seis tratamientos en arreglo factorial. La descripción de los tratamientos evaluados se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: *Tratamientos evaluados en el ensayo.*

Tratamientos	Factor 1 Inoculación	Factor 2: Fertilización foliar
T1	Testigo	Testigo
T2	Testigo	3 l ha ⁻¹
T3	Testigo	6 l ha ⁻¹
T4	<i>Azospirillum</i>	Testigo
T5	<i>Azospirillum</i>	3 l ha ⁻¹
T6	<i>Azospirillum</i>	6 l ha ⁻¹

* Técnicos de Desarrollo Rural INTA Pergamino

La dosis empleada de *Azospirillum* fue de 10 ml kg semilla⁻¹. Respecto del fertilizante foliar, se realizaron 2 aplicaciones en cada uno de los tratamientos correspondientes, a las dosis mencionadas en la Tabla 1.

La siembra se realizó el día 4 de Julio de 2007, en un lote en labranza mínima, con antecesor soja de primera. El cultivar sembrado fue Don Mario Cronox, a una densidad de 150 kg ha⁻¹ (densidad objetivo 300 pl m⁻²). Todos los tratamientos fueron fertilizados con 130 kg ha⁻¹ de fosfato monoamónico a la siembra (11-23-0) y 123 kgN ha⁻¹ más 47 kgS ha⁻¹ al voleo a inicios de macollaje. El ensayo se mantuvo libre de plagas, malezas y enfermedades. El fertilizante foliar se aplicó en dos momentos, en los estados de dos nudos visibles (Zadoks 32) y hoja bandera expandida (Zadoks 39). El estado del cultivo y las condiciones ambientales al momento de la aplicación se detallan en las Tabla 2 y 3. Las aplicaciones fueron realizadas con mochila manual, equipada con un botalón de 4 picos y pastillas de cono hueco, asperjando un volumen de solución de 200 l ha⁻¹.

Tabla 2: Estado del cultivo al momento de la aplicación.

Momento de aplicación	Fecha de aplicación	Estado del cultivo	Altura (cm)	Cobertura (%)
Dos nudos	27-Set	Zadoks 32	55	70
Hoja bandera	5-Oct	Zadoks 39	75	90

Tabla 3: Condiciones ambientales durante la aplicación.

Momento de aplicación	Humedad de suelo (0-2 cm)	Humedad de suelo (3-18 cm)	Temperatura aire (C)	Humedad relativa (%)	Velocidad. viento (km h ⁻¹)	Nubosidad	Ppciones 24 hs dda
Dos nudos	S	H	13,4	63	3,4 WWSW	0	0
Hoja bandera	H	H	19,5	82	12 SSSE	8	0

Escala de nubosidad: 0 completamente despejado, 9 completamente cubierto dda: después de aplicación.

La cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza y comparaciones de medias.

Resultados y discusión

A) Características climáticas de la campaña

Las precipitaciones fueron muy escasas durante los meses del invierno (Figura 1), debiendo el cultivo sostener su crecimiento inicial con las reservas acumuladas en el suelo. Se originó un breve período de déficit hídrico a finales de agosto (déficit acumulado 25 mm), del cual se recuperara en forma permanente a partir de las precipitaciones ocurridas a mediados de septiembre. Estas condiciones climáticas posibilitaron una buena sanidad, especialmente ausencia de Fusariosis, lo que *a posteriori* permitiría obtener buenos rendimientos.

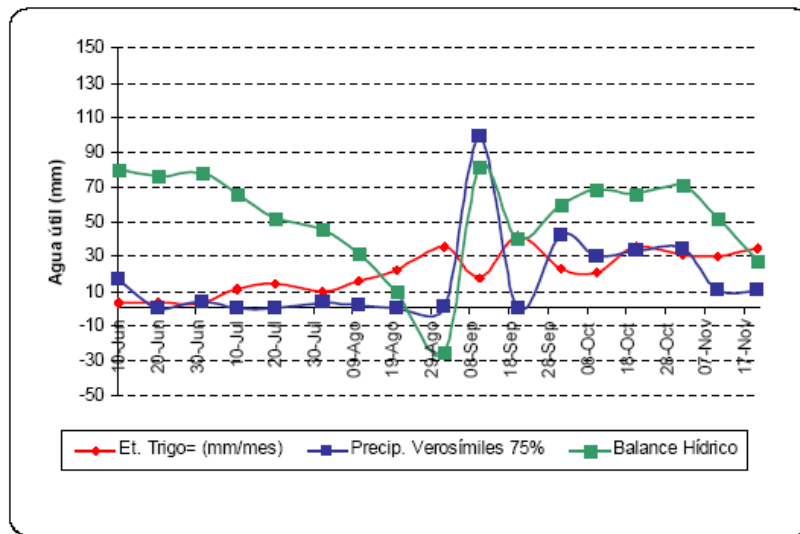


Figura 1: Evapotranspiración, precipitaciones y balance hídrico expresados como lámina de agua útil. Valores acumulados cada 10 días en mm.

El cociente fototermal (Q) (Fisher, 1985) 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. Es decir, daría una medida del potencial de rendimiento en ausencia de limitaciones hídricas, nutricionales y de sanidad. Esto se debe a la relación lineal positiva existente entre la tasa de crecimiento del cultivo y la radiación incidente. Dichas relaciones fueron demostradas para trigo en la Región Pampeana Argentina por Abbate (1995). Los valores para el año 2007, en comparación con 2006 y 2005 se presentan en forma diaria en la Figura 2, y como promedio del periodo en la Tabla 4. Desde este aspecto, los tres años ilustrados presentaron condiciones muy favorables de potencialidad.

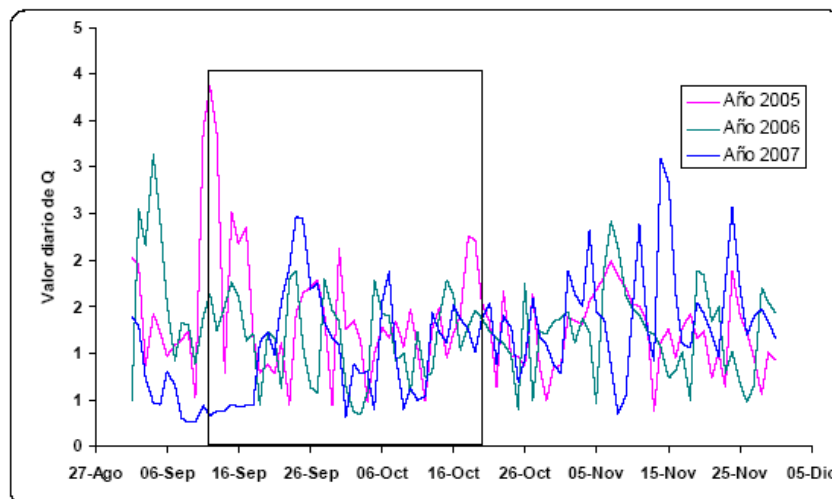


Figura 2: Coeficiente fototermal (Q) durante el ciclo de cultivo de trigo. La etapa abarcada por el rectángulo representa el período crítico para la definición del rendimiento. Año 2007. En base a datos de INTA, EEA Pergamino.

Tabla 4: Insolación efectiva (hs), Temperatura media (C°) y Cociente fototermal Q (T base 0°C) para el período de 15 de setiembre al 15 de Octubre. En base a datos de INTA, EEA Pergamino durante los años 2005, 2006 y 2007.

Condiciones ambientales	Año 2005	Año 2006	Año 2007
Insolación efectiva media (hs)	7,2	7,1	5,9
T media del período °C	15,1	17,1	15,0
Cociente fototermal (Q) (Mj m ⁻² día ⁻¹ °C ⁻¹)	1,24	1,10	1,12

B) Rendimientos del cultivo

En la Tabla 5 se presentan los datos de rendimiento y el cálculo de respuesta evaluados en el ensayo.

Tabla 5: Rendimiento de grano y respuesta absoluta (kg ha⁻¹) y relativa (%) a las técnicas de inoculación con *Azospirillum* y fertilización foliar en trigo. Arrecifes, año 2007.

Tratamientos	Factor 1 Inoculación	Factor 2: Fertilización foliar	Rendimiento (kg/ha)	Diferencia s/testigo absoluto (kg/ha)	Promedio tratamientos inoculación	Promedio tratamientos Fert foliar
T1	Testigo	Testigo	4872		Testigo 5109 kg	Testigo 5090 kg
T2	Testigo	3 l ha ⁻¹	5068	+ 196 (4 %)		Fert Foliar 3l 5179 kg (+ 2 %)
T3	Testigo	6 l ha ⁻¹	5389	+ 517 (11 %)		
T4	<i>Azospirillum</i>	Testigo	5309	+ 437 (9 %)	<i>Azospirillum</i> 5249 kg (+ 3%)	Fert Foliar 6l 5269 kg (+ 4%)
T5	<i>Azospirillum</i>	3 l ha ⁻¹	5290	+ 418 (9%)		
T6	<i>Azospirillum</i>	6 l ha ⁻¹	5148	+ 276 (6 %)		
Inoculación P=			0,531 n.s.			
Fertilización P=			0,804 n.s.			
Interacción Inoc x Fert			0,455 n.s.			
CV (%)			8,87			

No se determinaron diferencias significativas por efecto de la inoculación o la fertilización foliar, así como tampoco interacción entre estos factores. Dentro de las tendencias observadas, puede decirse que los tratamientos cuyos rendimientos superaron en mayor medida al testigo fueron el T3 (fertilización foliar 6 l ha⁻¹, + 11%), T4 (*Azospirillum*, + 9%) y T5 (*Azospirillum* + fertilización foliar 3 l ha⁻¹, + 9%) (Figura 3). Estas diferencias, si bien no significativas, son agrónomicamente interesantes ya que en ambos casos se trata de tecnologías de bajo costo. En promedio, la inoculación aumentó los rendimientos en un 3%, y la fertilización foliar en 2 y 4 % para las dosis de 3 y 6 l ha⁻¹, respectivamente. Estas respuestas medias estuvieron afectadas por algunos valores fuera de tendencia p.e. los bajos rendimientos del tratamiento de máxima (T6, *Azospirillum* + fertilización foliar 6 l ha⁻¹), cuya reducida diferencia sobre el testigo absoluto no tiene explicación aparente, teniendo en cuenta el rendimiento alcanzado por otros como T3, T4 y T5.

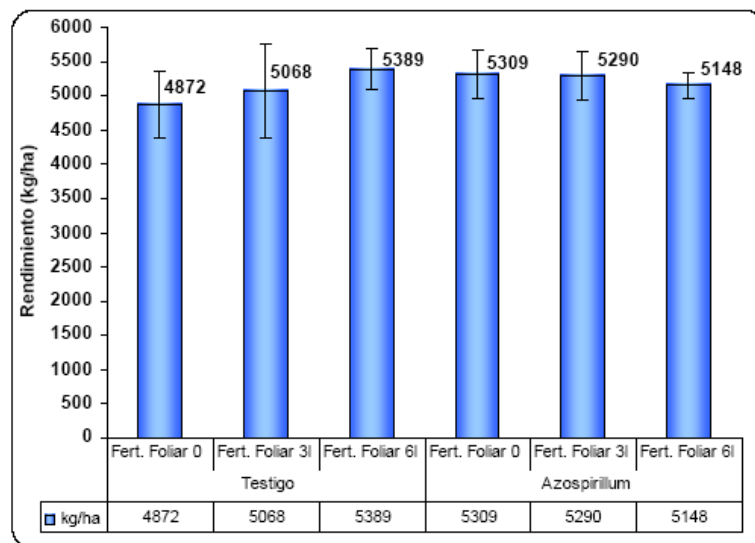


Figura 3: Rendimientos como resultado de la inoculación con *Azospirillum* y la fertilización foliar en Trigo. Las barras verticales representan la desviación Standard de la media. Arrecifes, año 2007.

Consideraciones finales:

Mediante el uso de tecnologías adicionales de bajo costo fue posible aumentar los rendimientos hasta en un 11%, aunque las diferencias sobre el testigo no fueron estadísticamente significativas.

No se observó un efecto aditivo o complementario entre ambas prácticas.

Los resultados observados son promisorios, y es importante sumar más información que permita ajustar dosis y, en el caso el fertilizante foliar, momentos de aplicación de modo de optimizar los resultados y alcanzar la máxima eficiencia de uso de estos insumos.

Bibliografía:

- Abbate, P.; F. Andrade and J. Culot. 1995. The effects of radiation and nitrogen on number of grains in wheat. *J. Agric. Sci.* 124:351-360.
- Ferraris, G. y L. Couretot. 2006. Evaluación de la Inoculación con *Pseudomonas fluorescens* en Trigo bajo diferentes condiciones de fertilidad. IV año de ensayos. Campaña 2005/06. En: Experiencias en el cultivo de Trigo y cereales de Invierno. 2006. INTA Ediciones, Publicaciones Regionales. Proyecto Regional Agrícola, CERBAN, EEA Pergamino y General Villegas (en prensa).
- Fisher, R. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. Aric Sci.* 105:447-461.