

COMPARACIÓN DE TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN FOLIAR EN TRIGO BAJO DOS NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA

INTA EEA Pergamino,

Proyecto Regional Agrícola, Campaña 2011/12.

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

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

nferraris@pergamino.inta.gov.ar

Introducción

Los tratamientos biológicos aplicados sobre semilla producen en trigo variados efectos favorables como una más rápida implantación, mayor crecimiento radicular y acumulación de biomasa, tolerancia mejorada a patógenos, fijación libre de nitrógeno (N) y solubilización de nutrientes (Ferraris, 2009; Ferraris & Faggioli, 2010), provocando como consecuencia incrementos moderados en los rendimientos.

Por otra parte, las situaciones de carencias de micronutrientes a nivel extensivo se han incrementado considerablemente en los últimos años. Si bien los casos más emblemáticos se han manifestado en cultivos de verano i.e. deficiencias de Zinc (Zn) en Maíz, Boro (B) en Girasol, B en soja, sin duda existe la posibilidad de explorar estos resultados en cultivos de invierno.

Los objetivos de este ensayo fueron 1. Caracterizar el efecto sobre la implantación, el vigor inicial, la acumulación de biomasa, contenido de N en hoja y el rendimiento de trigo de tratamientos biológicos sobre semilla y nutrientes por vía foliar, en comparación con un testigo absoluto y con dos testigos de uso actual 2. Evaluar su 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: microorganismos, micronutrientes, trigo, interacciones.

Materiales y métodos

Se realizó un experimento de campo en la localidad de Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino, Argiudol típico. En el experimento se evaluaron tratamientos que se inscriben dentro de lo que podríamos llamar “tecnologías complementarias”, consistentes en tratamientos de semilla con **microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPM)** y macro y micronutrientes incorporados por la vía foliar. El experimento fue conducido con un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones, cinco tratamientos y dos niveles de N, conformando un factorial completo 5x2. La denominación de los tratamientos evaluados se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: Tratamientos evaluados en el ensayo.

Factor 1: Tratamiento semillas	Denominación Comercial	Factor 2: Nivel de N Dosis fertilizante (kg ha ⁻¹)
T1. Testigo		N1: 50
		N2: 100
T2. Azospirillum brasilense	Azomix Dúo 3 ml /kg semilla	N1: 50
		N2: 100
T3. Azospirillum brasilense + Micronutrientes + N foliar	Azomix Dúo 3 ml /kg semilla (s) + Nutrifera SG 21 1 g/kg semilla (s) + Nutrifera Complejo Plus 1,5 l/ha (m) + Nutrifera Biocativador 0,5 l/ha (m) + Nutrifera Nitrógeno 2 l/ha (hb)	N1: 50
		N2: 100
T4. Fertilizante foliar testigo 1		N1: 50
		N2: 100
T5. Fertilizante foliar testigo 2		N1: 50
		N2: 100

(s) semilla, (m) macollaje, (hb) hoja bandera.

El ensayo fue sembrado el día 1 de Julio, con una sembradora experimental de siembra directa que distancia las hileras a 0,20 m. El antecesor fue soja de primera, y el cultivar sembrado Nidera Baguette 17. A la siembra, los tratamientos fueron fertilizados con 100 kg ha⁻¹ de Superfosfato Triple (0-20-0) y 50 o 100 kg ha⁻¹ de N en forma de Urea (0-46-0), según el tratamiento correspondiente. Los tratamientos de semilla y por vía foliar fueron realizados a las dosis recomendada por protocolo. 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 adecuada disponibilidad hídrica inicial, que alcanzó a 122 mm de agua útil (0-140 cm).

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

pH	Materia Orgánica	CE	N total	P-disp.	N-Nitratos 0-20, 20-40, 40-60 cm	N-Nitratos suelo 0-60 cm	S-Sulfatos suelo 0-40 cm
agua 1:2,5	%		(%)	ppm	ppm	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
5,5	2,84	0,130	0,142	11,3	16,5-9,2-4,6	78,8	31,7

Las aplicaciones de fertilizante foliar fueron realizadas con mochila manual de presión constante. La misma contaba con un botalón aplicador de 200 cm provisto de 4 picos a 50 cm y pastillas de cono hueco 80015, que a una presión de 4 bares asperja 180 l ha⁻¹.

Se recontaron plantas en emergencia y espigazón, y se midió biomasa a final de macollaje (estado de Zadoks 25). Se estimó N en hoja bandera mediante una medida adimensional no destructiva con Spad y el vigor y altura de planta en anthesis (Zadoks 65). La cosecha se realizó en forma mecánica, recolectado toda la parcela. Sobre muestra de cosecha se determinó NG (número de grano), 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 y discusión

A) Características climáticas de la campaña

En 2011, la reserva inicial de agua en el suelo fue media, abasteciendo las necesidades del cultivo durante las primeras etapas pero soportando un moderado déficit durante el llenado de granos (Figura 1).

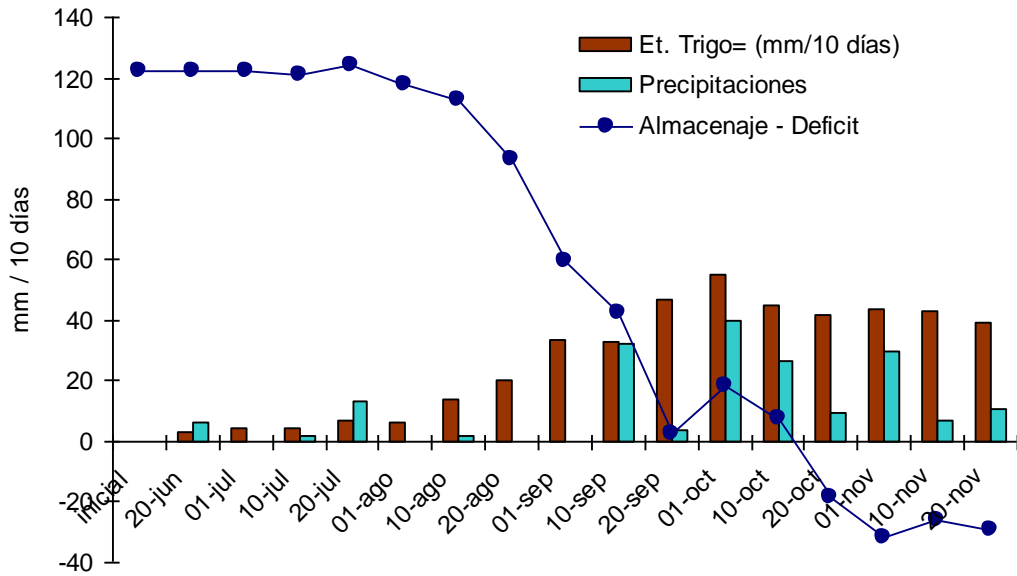


Figura 1: Evapotranspiración, precipitaciones y balance hídrico, expresados como lámina de agua útil (valores positivos) o déficit de evapotranspiración (valores negativos) para trigo en Pergamino. Valores acumulados cada 10 días en mm. Año 2011. Lámina de agua útil inicial (140 cm) 122 mm, déficit acumulado en el ciclo 105 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. Los valores para 2011 fueron cercanos a la media histórica, sin alcanzar los valores excepcionales de 2009 y 2010 (Tabla 3).

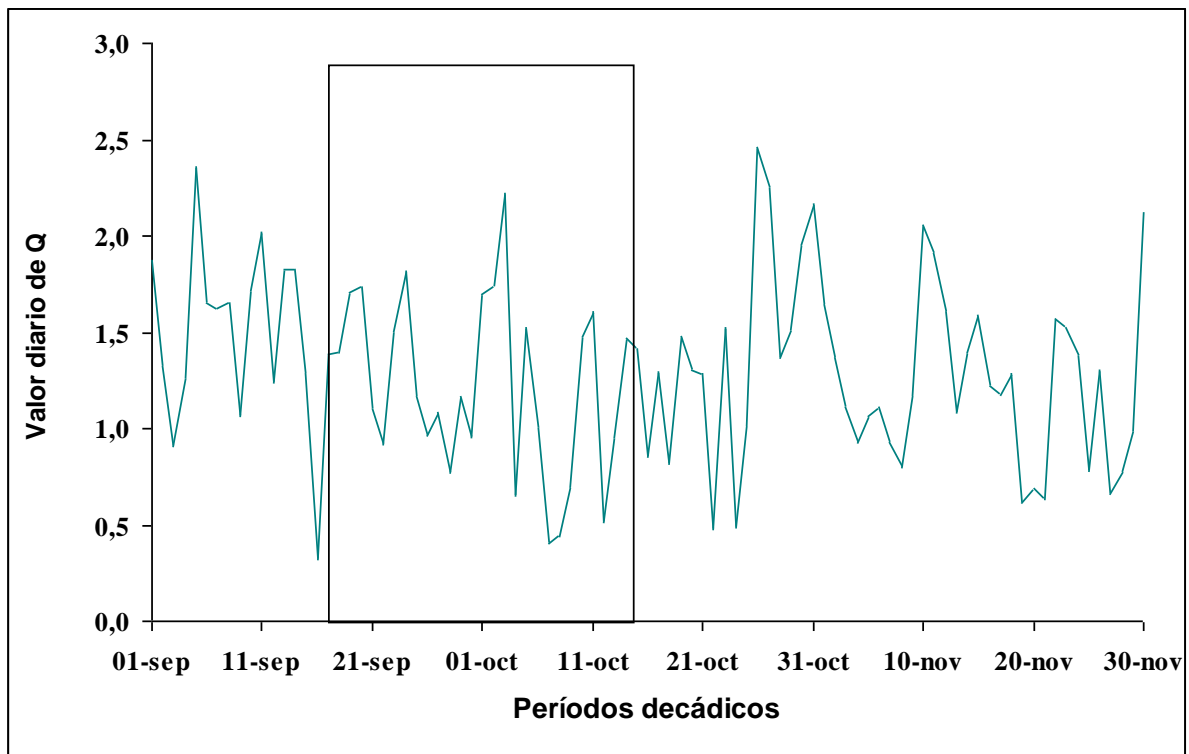


Figura 2: Coeficiente fototermal (Q) durante el ciclo de cultivo de trigo. La etapa abarcada por el rectángulo representa el período crítico para la definición del rendimiento. Pergamino, Año 2011.

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
Insolación Efectiva media (hs)	7,2	7,1	5,9	6,9	8,3	7,45	6,8
T media del período °C	15,1	17,1	15,0	16,4	13,4	14,8	14,8
Cociente fototermal (Q) (Mj m-2 día-1 °C-1)	1,24	1,10	1,12	1,10	1,56	1,34	1,19

B) Rendimiento y relación entre variables.

En la Tabla 4 se presentan los valores de diferentes variables intermedias relevadas durante el ciclo, mientras que en la Figura 3 se esquematizan los rendimientos de los tratamientos biológicos, promedio de dos niveles de N. En la Figura 4 se muestran los rendimientos según nivel de N.

Tabla 4: Plantas emergidas, materia seca temprana, intensidad de verde por Spad, vigor, altura de planta, rendimiento de grano y significancia estadística para rendimiento. Tratamientos de semilla con *Azospirillum brasilense* y aplicaciones foliares en trigo. Pergamino, año 2011.

Tratamientos	Plantas m ²	Mseca Z32 (kg ha ⁻¹)	Spad Z39	Índice Vigor Z65
T1-N50	208	3350	48,2	3,7
T2-N50	238	4075	51,5	3,8
T3-N50	243	3900	49,6	3,7
T4-N50	250	4100	51,8	4,0
T5-N50	250	3975	50,5	3,7
T1-N100	205	3400	47,0	3,8
T2-N100	223	3600	46,9	3,8
T3-N100	233	3900	48,6	3,9
T4-N100	248	3000	48,5	4,1
T5-N100	228	3875	48,8	3,9
R ² vs rendimiento	0,01	0,05	0,59	0,04

Tratamientos	Altura planta Z39 (cm)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	NG	PG	Dif con testigo (kg ha ⁻¹)
T1-N50	46,4	5205			0
T2-N50	46,5	5679			474
T3-N50	48,0	5631			426
T4-N50	48,1	5358			153
T5-N50	45,0	5339			135
T1-N100	52,0	5886			0
T2-N100	52,0	5838			-48
T3-N100	53,0	6009			123
T4-N100	54,0	5969			83
T5-N100	54,0	5884			-2
R ² vs rendimiento	0,04				
Tratamiento (P=)		0,39			
Dosis N (P=)		0,006			
Trat * Dosis N (P=)		0,446			
CV (%)		3,64 %			

Zadoks 32: Dos nudos elongados; Zadoks 39: hoja bandera expandida Zadoks 65: antesis (Zadoks et al., 1974)

NG: número de granos m⁻² PG: Peso de mil granos.

Índice de Vigor: En base a cobertura, sanidad, intensidad de verde y uniformidad. Escala 1 (mínimo)-5 (máximo vigor).

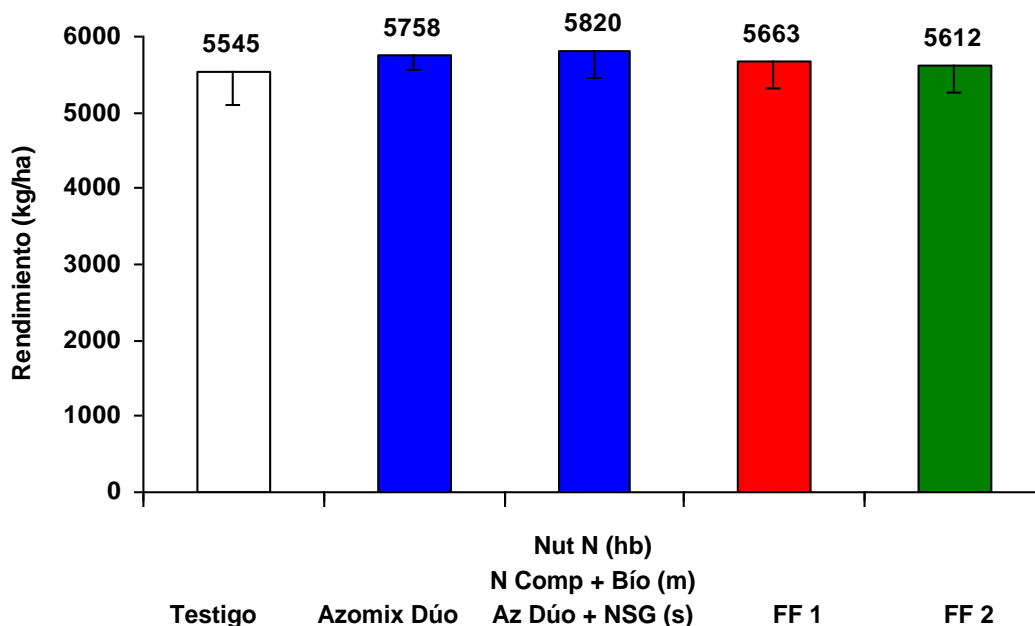


Figura 3: Producción media de grano de trigo de tratamientos biológicos de semilla y fertilizantes vía foliar, promedio de la aplicación de 50 y 100 kg ha⁻¹ de Nitrógeno a la siembra. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos. Las barras de error indican la desviación standard de la media. Pergamino, año 2011.

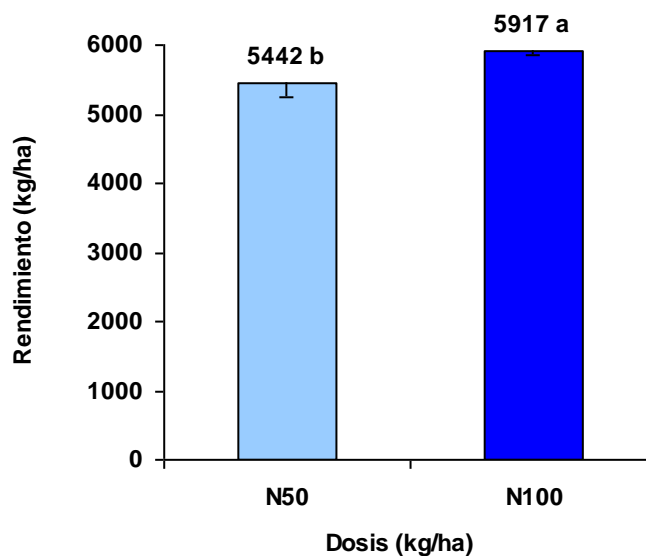


Figura 4: Producción media de grano de trigo según dosis de Nitrógeno a la siembra. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos. Las barras de error indican la desviación standard de la media. Pergamino, año 2011.

Conclusiones

- * Los rendimientos fueron típicos de una campaña favorable, alcanzando un rango de 5205 a 6009 kg ha⁻¹.
- * El índice Spad fue la variable de mayor contribución para explicar los rendimientos.
- * Variables como materia seca en encañazón, altura, intensidad de verde por Spad y vigor de planta reflejaron efecto de tratamiento, especialmente a favor de las aplicaciones foliares.
- * Los tratamientos evaluados produjeron un impacto positivo aunque no significativo sobre los rendimientos, siendo más relevantes en el menor nivel de N. El impacto mayor se produjo por la inoculación con *Azospirillum*, alcanzando una diferencia de 476 kg ha⁻¹ en la dosis de N50 (Tabla 4).

Sin embargo, como promedio de ambas dosis de N, la diferencia por inoculación alcanzó a 213 kg ha⁻¹, y se obtuvieron 62 kg ha⁻¹ adicionales por el uso de micronutrientes y N sobre semilla y foliar.

*Los tratamientos evaluados alcanzaron rendimientos en el orden o levemente superiores a los obtenidos por testigos comerciales. Estos últimos no recibieron la inoculación con *Azospirillum*.

*No se determinó efecto interacción entre Tratamientos y dosis de N (P=0,44), aunque las diferencias fueron de mayor magnitud a la dosis de N50. En cambio, el aumento de dosis de N50 a N100 incrementó los rendimientos.

*Las tecnologías complementarias evaluadas mostraron un resultado alentador, con aumentos leves a moderados en los rendimientos. Afirmando esta tendencia, el testigo fue el tratamiento de menor producción. La importancia es mayor con niveles medios de fertilidad (N50). Las condiciones de sequía incipiente que acompañaron la campaña acentuaron la importancia de un promotor de crecimiento que, entre otros efectos, favorece la captura temprana de recursos por la planta.

Bibliografía

- Díaz-Zorita M. & MV Fernández-Canigia. 2008. Field performance of liquid formulation of *Azospirillum brasilense* on dryland wheat productivity. *Eur. J. Soil Biol.* 1-9.
- Ferraris G. 2009. Microorganismos con efecto promotor de crecimiento (PGPM) en cultivos extensivos. Impacto sobre los rendimientos, la eficiencia de uso de los nutrientes y otros caracteres de interés agronómico. Resúmenes. pp8-9. En: II Jornadas Bonaerenses de Microbiología de Suelos. “Herramientas Microbiológicas para una Agricultura Sustentable” UNICEN, Azul (BA), 9 y 10 de Septiembre.
- Ferraris, G. & V. Faggioli. 2011. Inoculación con microorganismos con efecto promotor de crecimiento. Conocimientos actuales y experiencias realizadas en la Región Pampeana Argentina. 18 pp. En: Anales del Internacional de Rizósfera, Biodiversidad y Agricultura sustentable. XXII Congreso Argentino de Microbiología.
- Fisher, R. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. Aric Sci.* 105:447-461.
- Zadoks J.C., T.T. Chang, y C.F. Konzak. 1974. A decimal code for growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421.