

PSEUDOMONAS FLUORESCENS EN CEBADA CERVECERA BAJO DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN FOSFORO-NITROGENADA

Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino,
Proyecto Regional Agrícola, Campaña 2009/10.

Ings. Agrs. Gustavo N. Ferraris y Lucrecia A. Couretot
Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 (2700) Pergamino
nferraris@pergamino.inta.gov.ar

Introducción

El tratamiento de semillas con inoculantes que suministran microorganismos seleccionados es una práctica favorable con numerosos antecedentes de incremento en los rendimientos de trigo (Díaz-Zorita y Fernández-Canigia, 2008; Ferraris y Couretot, 2008; Ferraris, 2009; Valverde y Ferraris, 2010). Sin embargo, han sido menos estudiados en cebada cervecera y otras especies invernales. Con frecuencia, se asume que cebada y trigo manifiestan similar comportamiento y eficiencia de uso de recursos, aunque muchas experiencias en las cuales se cuantificó la respuesta al agregado de fertilizantes mostraron resultados diferenciales, dependiendo de la zona y la condición de cultivo bajo las cuales eran sembrados.

El objetivo de este trabajo fue 1. Cuantificar el efecto sobre el rendimiento y otras variables de cultivo del inoculante Rizofos liq, que contiene *Pseudomonas fluorescens* en su formulación y 2. Evaluar la interacción entre la inoculación y la fertilización fósforo-nitrogenada. Hipotetizamos que 1. Los microorganismos aportados tienen la capacidad de promover el crecimiento vegetal y mejorar el rendimiento del cultivo de cebada cervecera y 2. Los efectos son independientes del nivel de nutrición fósforo-nitrogenada, siendo aplicables a un amplio rango de ambientes productivos.

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 diferentes estrategias de uso de un inoculante formulado sobre la base de *Pseudomonas fluorescens*, denominado *Rizofos liq*, de Rizobacter Argentina SA. El experimento fue conducido con un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones, dos tratamientos de inoculación (testigo y fertilizado) y cuatro niveles de fertilización, conformando un factorial completo 2 x 4. La descripción de los tratamientos evaluados se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: Tratamientos evaluados en el ensayo.

Factor 1: Inoculación			Factor 2: Nivel de fertilización
Tratamiento de semilla	Momento de inoculación	Dosis de uso	Dosis fertilizante (kg ha ⁻¹)
I.1. Testigo			F1: P0 N50
			F2: P0 N100
			F3: P20 N50
			F4: P20 N100
I.2. <i>Pseudomonas fluorescens</i> (Rizofos liq) + Protector	Siembra	Rizofos 5 ml kg semilla ⁻¹ + Protector 3,1 ml kg semilla ⁻¹	F1: P0 N50
			F2: P0 N100
			F3: P20 N50
			F4: P20 N100

El ensayo fue sembrado el día 18 de Junio, 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 Scarlett. Cuando correspondió al tratamiento, se usó como fuente de fósforo (P) superfosfato triple de calcio (0-20-0) y urea granulada (46-0-0) como fuente de nitrógeno (N). Para proteger al cultivo de enfermedades foliares, fue tratado con el fungicida *Propiconazole* (25%) a la dosis de 500 ml ha⁻¹ en hoja bandera visible (Zadoks 37).

Previo a la siembra, se realizó un análisis químico de suelo por bloque, cuyos resultados promedio se expresan en la Tabla 2.

Tabla 2: Análisis de suelo al momento de la siembra

Profundidad	pH	Materia Orgánica	P-disp.	N-Nitratos	N suelo	S-Sulfatos
cm	agua 1:2,5	%	ppm	ppm	kg ha ⁻¹	ppm
0-20	5,4	2,17	12,8	8,0	20,8	2,0
20-40				4,0	10,4	2,0
40-60				2,0	5,2	
					36,4	

Se realizó un recuento de plantas emergidas a los 10 dde, y biomasa de planta entera en el estado Zadokz 25 (Zadoks et al., 1974) y a cosecha. De igual modo, se realizaron evaluaciones de vigor durante el ciclo del cultivo. 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 (ANVA) y comparaciones de medias.

Resultados y discusión

A) Características climáticas de la campaña

Las precipitaciones fueron reducidas durante el invierno y retornaron a partir de setiembre. No obstante, el cultivo manifestó un leve estrés en la post-antesis, dado el incremento en la tasa de crecimiento y la mayor temperatura, mientras que las precipitaciones se mantuvieron en registros ajustados hasta la segunda década de noviembre (Figura 1).

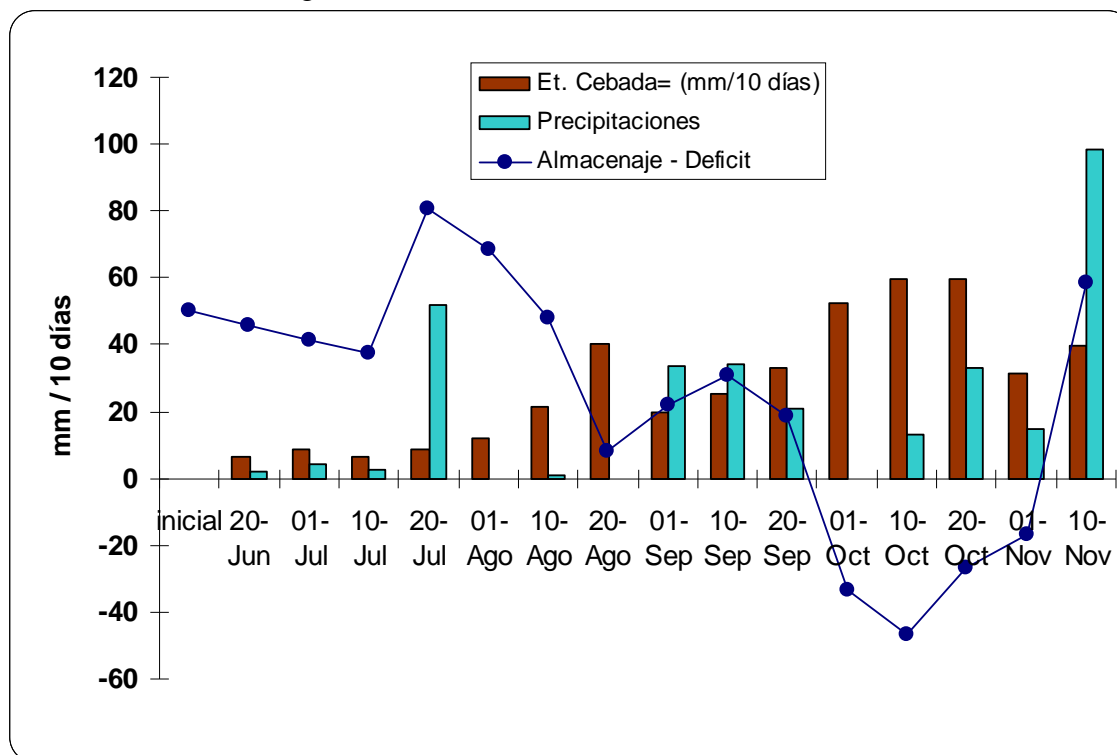


Figura 1: Evapotranspiración, precipitaciones y balance hídrico, expresados como lámina de agua útil (valores positivos) o déficit de evapotranspiración (valores negativos). Valores acumulados cada 10 días en mm. Los Kc fueron modificados para cebada. Lámina de agua útil inicial 50 mm. Déficit acumulado en el ciclo 124 mm. Pergamino, año 2009.

B) Rendimientos del cultivo

En la Tabla 3 se presentan los datos de las variables evaluadas en el ensayo.

Tabla 3: Número de plantas emergidas, índice de vigor, materia seca acumulada en macollaje y a cosecha, rendimiento de grano, y significancia estadística de las variables medidas en el ensayo. Inoculación con *Pseudomonas fluorescens* bajo diferentes niveles de fertilización en cebada cervecera. Pergamino, año 2009.

Tratamientos	Inoculación	Nivel fertilización (kg ha ⁻¹)	Plantas/ m ²	Índice de Vigor Zadoks 39	Mseca Z25 (kg ha ⁻¹)	Mseca Total (kg ha ⁻¹)
I1-F1	Testigo	P0 N50	133	3,8	497	10256
I1-F2	Testigo	P0 N100	130	4,0	298	9569
I1-F3	Testigo	P20 N50	155	3,9	804	10145
I1-F4	Testigo	P20 N100	141	4,1	878	9771
I2-F1	<i>Psm fluorescens</i>	P0 N50	201	3,7	1003	6228
I2-F2	<i>Psm fluorescens</i>	P0 N100	152	4,1	769	9031
I2-F3	<i>Psm fluorescens</i>	P20 N50	266	4,6	1327	13845
I2-F4	<i>Psm fluorescens</i>	P20 N100	144	4,5	1551	11347
Inoculación=			0,132		0,054	0,470
Fertilización=			0,475		0,019	0,015
Interacción Inoc x Dosis N=			0,096		0,894	0,182
CV (%)			27,0		40,3	17,8

Tratamientos	Inoculación	Nivel N (kg ha ⁻¹)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Diferencia x fertilización (kg ha ⁻¹)	Diferencia x inoculación (kg ha ⁻¹) a isodosis de fertilizante
I1-F1	Testigo	P0 N50	4101		
I1-F2	Testigo	P0 N100	4349	+ 248	
I1-F3	Testigo	P20 N50	4611	+ 510	
I1-F4	Testigo	P20 N100	4442	+ 341	
I2-F1	<i>Psm fluorescens</i>	P0 N50	3632		-469
I2-F2	<i>Psm fluorescens</i>	P0 N100	4105	+ 473	-244
I2-F3	<i>Psm fluorescens</i>	P20 N50	5973	+ 2341	+ 1361
I2-F4	<i>Psm fluorescens</i>	P20 N100	5799	+ 2167	+ 1357
Inoculación=			0,168		
Fertilización=			0,001		
Interacción Inoc x Dosis N=			0,183		
CV (%)			13,3%		

Zadoks 25: cinco (5) macollos visibles; Zadoks 39: hoja bandera expandida (Zadoks et al., 1974)

Índice de Vigor: Escala de 1 a 5. 1: Muy bajo vigor 5: Vigor Excelente

Se determinó efecto estadísticamente significativo de la fertilización sobre la acumulación de materia seca a finales de macollaje (Zadoks 25), cosecha y rendimiento ($P < 0,05$). La inoculación en cambio, incrementó significativamente la producción de materia seca en macollaje ($P < 0,10$) (Tabla 3). No se observó interacción entre inoculación y fertilización, para ninguna de las variables evaluadas ($p > 0,10$) (Tabla 3). Aún así, la respuesta a la fertilización fue más notable cuando se realizó de manera conjunta con el tratamiento biológico con *Pseudomonas* (Figura 2). Las diferencias entre las parcelas inoculadas y testigo fueron de mayor magnitud en presencia de adecuados niveles de fertilización, especialmente fosforada (Tabla 3 y Figura 2), alcanzando un máximo de 1361 kg ha⁻¹. Por el contrario, no se determinó respuesta positiva al uso de *Pseudomonas* en ausencia de fertilización fosforada (P0) (Tabla 3 y Figura 2). Esto concuerda con los resultados de un ensayo de inoculación con *Pseudomonas fluorescens* realizado en trigo en la misma localidad y campaña por nuestro grupo de trabajo (Ferraris & Couretot, 2010), en el cual la respuesta fue de mayor magnitud bajo una dosis de N100 (673 kg ha⁻¹) en comparación con N50 (228 kg ha⁻¹). La respuesta media observada fue levemente superior en cebada (501 kg ha⁻¹) (Figura 3) que en trigo (450 kg ha⁻¹) (Ferraris & Couretot, 2010). De acuerdo a investigaciones recientes, aquel cultivo podría

mantener un potencial de respuesta mayor (González Anta, comunicación personal), aunque se ha generado mucho menos información hasta el presente en comparación con trigo.

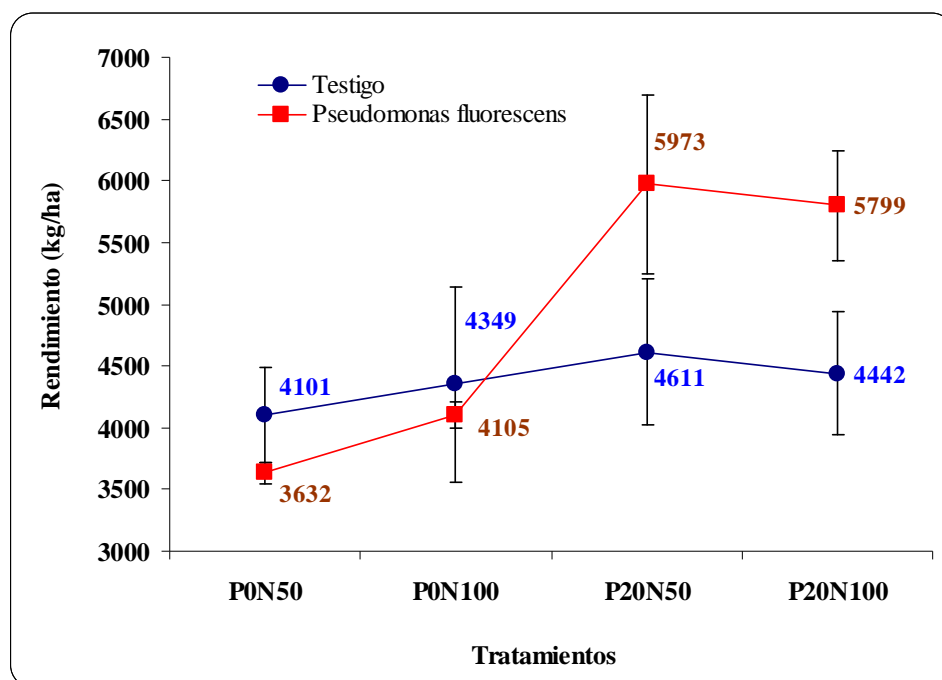


Figura 2: Rendimiento de grano de parcelas testigo o inoculadas con Rizofos liq (*Pseudomonas fluorescens*) en cebada cervecera, bajo diferentes niveles de fertilización fósforo-nitrogenada (kg ha^{-1}) aplicados a la siembra. Las barras de error indican la desviación standard de la media. Pergamino, año 2009.

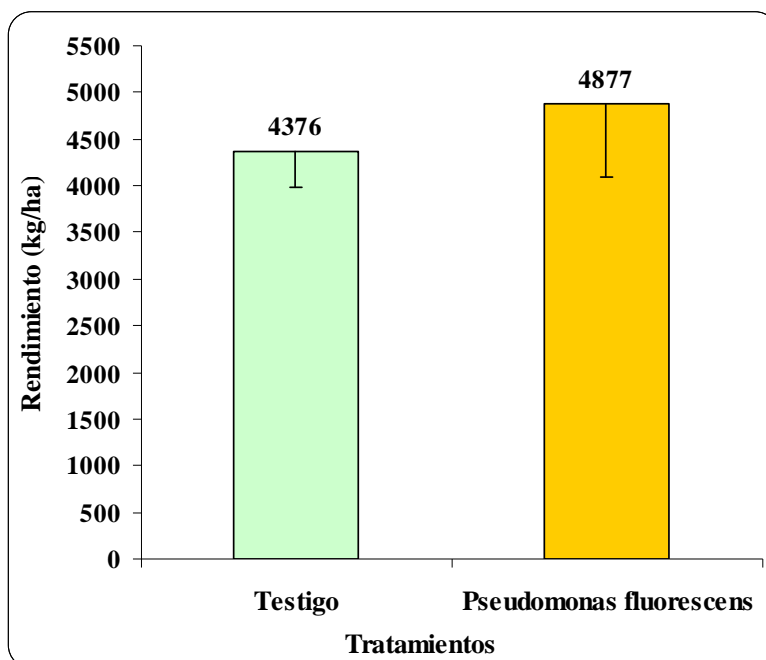


Figura 3: Rendimiento de grano de parcelas testigo o inoculadas con Rizofos liq (*Pseudomonas fluorescens*) en cebada cervecera, promedio de diferentes combinaciones de P (0 y 20 kg ha^{-1}) y N (50 y 100 kg ha^{-1}).

Consideraciones finales

La hipótesis 1 –existe respuesta a la inoculación– es aceptada parcialmente, ya que se obtuvieron diferencias de rendimiento en el rango de -469 a 1361 kg ha⁻¹ según nivel de fertilización y 501 kg ha⁻¹ de respuesta media, aunque las diferencias no alcanzaron la significancia estadística. La hipótesis 2 –ausencia de interacción entre inoculación y otras prácticas de manejo– no puede ser aceptada, ya que la respuesta fue de mayor magnitud bajo adecuada fertilización, especialmente fosforada.

La inoculación de cebada cervecera con microorganismos promotores del crecimiento vegetal se presenta como una práctica favorable con potencialidad de incrementar la producción de biomasa y los rendimientos en la región norte de Buenos Aires, como complemento de un buen manejo agronómico que incluya la fertilización fósforo-nitrogenada del cultivo.

Los presentes resultados señalan el fuerte sinergismo entre diferentes prácticas de manejo destinadas a mejorar la productividad del cultivo. La superación permanente de barreras que limitan los rendimientos, predispone a la obtención de respuestas positivas a nuevas alternativas de insumos o procesos que se implementen en los cultivos.

Bibliografía

- C. Valverde & G. Ferraris. 2010. Las Pseudomonas. Un grupo heterogéneo con diversos mecanismos promotores del desarrollo vegetal. En: Promotores del crecimiento Vegetal. Peticari, A, M. Puente y J. García (eds) (en prensa).
- 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. y L. Couretot. 2008. Respuesta a la inoculación con Micorrizas bajo dos ambientes de fertilización. pp 63-68. En: Trigo. Resultados de Experiencias. Campaña 2008. (Parte II). Proyecto Regional Agrícola. EEA Pergamino-Villegas. CRBAN. ISSN 1852-0472.
- 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.
- Zadoks J.C., T.T. Chang, y C.F. Konzak. 1974. A decimal code for growth stages of cereals. Weed Res. 14: 415-421.

Anexo: Fotografías del ensayo



II: Testigo. F1: Izquierda P0N50. F4: Derecha P20N100 (Z39)



***I2: Inoculado con *Pseudomonas fluorescens* en cebada cervecera.
Izquierda F1: P0N50. Derecha F4: P20N100 (Z39)***