



Efecto de la inoculación con pseudomonas sobre el rendimiento de trigo

*Ing. Agr. Roberto García, EEA INTA Pergamino, Lic. Teresa Bach, Instituto de Suelos, Ministerio de Agricultura de Cuba.*

Abril 2003

## Introducción y antecedentes

Los procesos de degradación de los suelos de la pampa húmeda se han originado por diferentes razones, una de ellas, consecuencia de una agricultura basada en la utilización de implementos agrícolas de remoción que agredieron los principios de cohesión de las partículas del suelo. Otra razón, en el mismo proceso, donde la remoción del suelo causó una acelerada oxidación de la materia orgánica, agravado por esa agriculturización, con rendimientos e índices de extracción de nutrientes crecientes no fue acompañada con la reposición de los mismos.

La utilización de inoculantes biológicos ha tenido una amplia difusión en los últimos años, también se ha difundido su efecto positivo sobre el rendimiento de muchos cultivos y en distintas situaciones y la factibilidad de una agricultura orgánica.

De acuerdo a Edi-Premono y otros, 1996, encontraron que en test de solubilización de fosfato tricálcico  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , primero se produce una "adaptación" de *Pseudomonas putida* 10-15 días y después de éste período se incrementa el crecimiento del maíz, peso de tallos y la captación de fósforo. Resultados similares fueron informados por Nahas (1996), al probar 31 bacterias y 11 hongos encontró que *Pseudomonas cepacia* y *Penicillium purpurogenum* mostraron la mayor actividad de solubilización de fósforo, y la respuesta significativa en grano, materia seca y contenidos de fósforo. Dubey, 1996, encontró resultados similares al utilizar *P. striata*

Mohammad y otros, 1998, informaron que la inoculación de trigo con *Glomus intraradices* en dos niveles de fósforo, produjeron incrementos de rendimiento de grano de trigo y que esos incrementos fueron similares a los producidos por la aplicación de fósforo.

También se han informado que la inoculación tiene efecto sobre algunos compuestos de la raíz y la planta (fitohormonas, enzimas, pH, biocontroladores, etc.) y éstos, a su vez, tienen un efecto positivo sobre el rendimiento. Así, Fester et al., 1998, informaron que la inoculación de trigo y cebada con *Agrobacterium rhizogenes*, *Pseudomonas fluorescens* y *Rhizobium leguminosarum* produjeron la colonización bacteriana y está relacionada con la acumulación de blumenina (ciclohexenone isoprenoid).

Similarmente, Vorobeikov et. al, 1996, informó que la utilización de inoculantes biológicos, *Agrobacterium radiobacter*, *Enterobacter aerogenes*, *Flavobacterium sp.*, *Pseudomonas fluorescens* y *Serratia strain 218* incrementaron la actividad nitrogenasa en la rizósfera. También el tratamiento de semillas con bacterias incrementó la captación de P33 y el contenido de N, P y K de tallos y raíces, largo de tallos y rendimiento de fibra de lino.

La interacción fitohormonal entre *Pseudomonas fluorescens*, *Rhizobium leguminosarum* con el cultivo del trigo, (Amara, et al. 1995) incrementó el número de macollos fértiles, número de espigas, materia seca y rendimiento de grano. Paralelamente, el contenido de N y P en el grano se incrementó significativamente.

Se demostró que algunos aislamientos de *Pseudomonas fluorescentes*, obtenidos en la región del Comahue y del cinturón hortícola de Mar del Plata, utilizadas como biocontroladores por bacterización de la semilla de tomate ejercieron tan buen control de *Rhizoctonia solana* como el tratamiento con pentacloronitrobenceno. (INTA Balcarce)

## Materiales y métodos

Con el fin de evaluar el efecto de la inoculación con *Pseudomonas* (Ps) se implantaron en las campañas 2000/01, 2001/02 y 2002/03, una serie de experimentos con Trigo (*Triticum aestivum*: Prointa Don Umberto) en dos tipos de suelo, unos en la localidad de Pergamino de suelos arcillosos, y otros en la localidad de Chivilcoy de suelos arenosos.

Todos los experimentos contemplaron la combinación del inoculante Rizofos y los macronutrientes Nitrógeno (N) y Fósforo (P). En los ensayos realizados dentro de la EEA INTA Pergamino, se utilizaron tres dosis de P (0, 40 y 80 kg/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha), mientras que en aquellos realizados en Chivilcoy se utilizaron 2 dosis de P (0 y 40 kg/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha). El diseño utilizado fue de bloques al azar, en arreglo factorial, con cuatro repeticiones. El tamaño de parcelas fue de 1,00 m de ancho y 13 m de largo. Las siembras se realizaron con maquinaria experimental y todas las

labores de fertilización, muestreos etc. se realizaron manualmente mientras que la cosecha se realizó mecánicamente con una cosechadora Winteresteiger.

Para la inoculación en líquido se aplicó Rizofos líquido, y se mezcló con la semilla previo a la siembra. En los lotes, previo a las siembras se tomaron muestras de suelo para su análisis, y la historia agrícola de los mismos fue superior a los 7 años, los cultivos antecesores fueron en general soja o trigo/soja. Los ensayos se implantaron en siembra directa a principios de julio, la variedad utilizada fue Prointa Don Humberto con alrededor de 350 plantas/m.

Los análisis de suelo de cada lote mostraron un nivel medio a bajo en el contenido de materia orgánica y fósforo, la fertilidad nitrogenada fue muy baja en todos los casos.

El contenido de agua útil del suelo en la profundidad de 1.5 m, fue superior al 80% todos los años, lo que permitió que el cultivo no presentara déficit hídrico, especialmente en el período inicial de la campaña 2002. En esta misma campaña se perdió el ensayo de Pergamino debido a la ocurrencia de granizo el día 8 de noviembre de 2002.

Los ciclos de las tres campañas se caracterizaron por inviernos no muy fríos, con temperaturas moderadas durante el período de macollaje. Los años 2001 y 2002 se caracterizaron por presentar períodos, en la etapa de fin de encañazón y espigazón del trigo, con cambios bruscos entre la temperatura máxima y mínima a partir de hoja bandera, aunque en general, con temperaturas mínimas muy superiores a la media.

En los tres años, las precipitaciones superaron los 450 mm. durante el ciclo del cultivo, y en el período espigazón llenado de grano, superaron los 300 mm., que podríamos considerar excesivos y sanitariamente problemático. En la localidad de Pergamino en la campaña 2002, el exceso de lluvias ocasionó enfermedades de hoja (manchas y bacteriosis) y de espiga.

## Resultados

Los datos colectados en el momento de cosecha fueron transformados a kg/ha y analizados estadísticamente con el paquete MSTAT-C.

En general, los rendimientos, la calidad del grano y el efecto de los tratamientos respondieron al ambiente, ya sea año o localidad, aún así, las diferencias debidas a la localidad dentro del mismo año fueron mínimas, las mayores diferencias se observaron entre años y debido a las diferencias climáticas ya enunciadas, a la incidencia de enfermedades y a la calidad de los lotes. También es de mencionar que las continuas y copiosas lluvias produjeron un lavado de nitrógeno aspectos que limitaron la expresión del rendimiento.

A continuación se presentan los rendimientos de cada ensayo, según año y localidad, Cuadro 1, y los rendimientos medios a través de años y localidades, Gráfico 1.

**Cuadro 1:** Rendimientos los tratamientos en cada ensayo, kg/ha.

Tratamientos		Chivilcoy Trigo Kg/ha			EEA Pergamino Trigo Kg/ha	
N-P-Ps		2000	2001	2002	2000	2001
1	0-0-0	2401	2718	2230	3017	2229
2	0-0-1	3042	2712	2725	3382	2499
3	0-1-0	3310	3218	2530	3411	2737
4	0-1-1	3277	3568	3009	3596	2834
5	0-2-0			3130	3438	2753
6	0-2-1			3390	3661	2806
7	1-0-0	3089	3012	2566	3869	2738
8	1-0-1	3199	3275	3267	4143	3085
9	1-1-0	3770	3181	2959	3354	2765
10	1-1-1	4139	3262	3491	3817	3024
11	1-2-0			3426	4154	2891
12	1-2-1			3099	4339	3186

**Gráfico 1:** Rendimiento medio de cada tratamiento a través de los años y de las localidades.

A continuación se presenta el Cuadro 2, resumen del análisis y donde se observan los efectos significativos de los tratamientos ensayados y sus interacciones:

**Cuadro 2:** Resumen del análisis estadístico, efectos significativos

		EFECTOS SIGNIFICATIVOS				C. V. %	Media Gral.
Chivilcoy	2000	N***	P***	Ps***	N-P-Ps**	4.3	3278
	2001	N-P***		Ps*	N-Ps*	9.9	3059
	2002	N*	P**	Ps**		16.4	2895
Pergamino	2000	N**	P**	Ps**		7.3	3698
	2001	N*		Ps*		14.8	2796

N, P, Ps: Efecto del factor principal; \* P<10%, \*\*P<5% y \*\*\*P<1%

El análisis estadístico parcial de cada ensayo mostró efectos altamente significativos de la aplicación de N (gráfico 2) y la inoculación con Ps (gráfico 3). La aplicación de P fue significativa en los sitios con bajos contenidos de P en el suelo (gráfico 4).

**Gráfico 2:** Rendimiento medio, efecto del Nitrógeno a través de años y localidades.

**Gráfico 3:** Rendimiento medio, efecto de las Pseudomonas a través de años y localidades.

**Gráfico 4:** Rendimiento medio, efecto del fósforo a través de años y localidades

Al considerar la combinación de los tres factores ensayados en promedio de las dos localidades y de los tres años de ensayo (Cuadro 3), se observó que la inoculación con pseudomonas incrementó los rendimientos en todos los casos, aplicada sola a la semilla o en combinación con cada uno de los macronutrientes considerados. Es de mencionar que las respuestas más estables a Pseudomonas se observaron con la aplicación de nitrógeno y fósforo, en estos sólo se consideró la dosis de 40 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, coincidente para los ensayos de Pergamino y Chivilcoy.

**Cuadro 3:** Rendimiento medio, considerando todos los ensayos y para cada tratamiento

	N0-P0	N0-P1	N1-P0	N1-P1
Pseudomonas 0	2519	3041	3055	3206
Pseudomonas1	2872	3257	3394	3547
Diferencia	353	216	339	341

**Cuadro 4.** Incrementos de rendimiento debido a Pseudomonas según año y localidad

	Chivilcoy	Pergamino
2000	278	322
2001	174	224
2002	550	
Incremento Medio	334	273

En el Gráfico 5, se observa el incremento de rendimiento de trigo como respuesta a la inoculación con Pseudomonas en tres niveles diferentes de fósforo.

**Gráfico 5:** Rendimiento medio, efecto de la inoculación con Pseudomonas en tres niveles de fósforo

En el gráfico 6 se presentan los incrementos de rendimiento debidos a la inoculación con pseudomonas para cada combinación de macronutrientes.

**Gráfico 6:** Rendimiento medio, efecto de la inoculación con *Pseudomonas* en dos niveles de fósforo

## Conclusiones

Los resultados de tres años indican que la inoculación con *Pseudomonas* produjo incrementos de rendimientos estadísticamente significativos como fuera presentado en el Cuadro 2.

Los rendimientos e incrementos de rendimiento más estables se observaron cuando la inoculación fue acompañada de una adecuada fertilización con macronutrientes, N y P, Cuadro 3.

También se puede observar que la inoculación con *Pseudomonas* produjo incrementos similares a la dosis de P1 (40 kg/ha) sin *Pseudomonas*. En forma similar, la aplicación de P1 más *Pseudomonas* resultaron similares a la dosis de 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, lo que estaría indicando una mejor eficiencia en la absorción de fósforo, Gráfico 5.

Independientemente del efecto de los macronutrientes N y P, del "efecto año" y de la localidad, la inoculación con *pseudomonas* produjo un incremento medio y consistente de 309.6 kg/ha.

## Bibliografía

- Amara-MA; Nasr-SA; Rabie-KAE. 1995. Phytohormonal interactions between *Pseudomonas fluorescens*, *Rhizobium leguminosarum* and *Triticum aestivum*. *Annals-of-Agricultural-Science-Cairo*. 1995, 40: 1, 81-97.
- Dubey-SK . 1996. Response of soybean to rock phosphate applied with *Pseudomonas striata* in a Typic Chromustert. *Journal-of-the-Indian-Society-of-Soil-Science*. 1996, 44: 2, 252-255.
- Edi-Premono-M; Moawad-AM; Vlek-PLG. 1996. Effect of phosphate-solubilizing *Pseudomonas putida* on the growth of maize and its survival in the rhizosphere. *Indonesian-Journal-of-Crop-Science*. 1996, 11: 1, 13-23.
- Fester-T; Maier-W; Strack-D. 1998. Accumulation of secondary compounds in barley and wheat roots in response to inoculation with an arbuscular mycorrhizal fungus and co-inoculation with rhizosphere bacteria. *Mycorrhiza*. 1998, 8: 5, 241-246
- INTA Balcarce. 2002. [www.inta.gov.ar/crbsass/avances/hortalizas.htm](http://www.inta.gov.ar/crbsass/avances/hortalizas.htm)
- Mohammad-MJ; Pan-WL; Kennedy-AC. 1998. Seasonal mycorrhizal colonization of winter wheat and its effect on wheat growth under dryland conditions. *Mycorrhiza*. 1998, 8: 3, 139-144.
- Nahas-E. 1996. Factors determining rock phosphate solubilization by microorganisms isolated from soil. *World-Journal-of-Microbiology-and-Biotechnology*. 1996, 12: 6, 567-572.
- Vorobeikov-GA; Khmelevskaya-IA; Pavlova-TK; Khotyanovich-AV . 1996. Mineral nutrition and productivity of fibre flax after seed treatment with bacterial preparations. *Agrokimiya*. 1996 No. 8-9, 28-34.