

DOSIS Y LOCALIZACIÓN DE FUENTES FOSFORADAS EN TRIGO EN EL NORTE, CENTRO Y OESTE DE BUENOS AIRES

CAMPAÑAS 2008 Y 2009

Area de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino y Villegas - Proyecto Regional Agrícola

G. Ferraris (Desarrollo Rural Pergamino), F. Mousegne (AER San Antonio de Areco, coordinador Proyecto Regional Agrícola), C. Álvarez (EEA Gral. Villegas), M. Barraco (EEA Gral. Villegas), J.J. Cavo (AER Junín), L. Couretot (Desarrollo Rural Pergamino), F. Gutiérrez Boem (Cátedra de Fertilidad y fertilizantes, FAUBA), E. Lemos (AER Junín), M. López de Sabando (AER San Antonio de Areco), C. Ojuez (AER Bolívar), A. Paganini (AER Zárate-San Antonio de Areco), G. Pérez (AER Bolívar), R. Pontoni (AER Arrecifes), L. Torrens Baudrix, (AER 9 de Julio), C. Scianca (EEA Gral. Villegas), R. Sciolotto (AER Bolívar), R. Solá (AER Arrecifes), G. Tellería (AER Junín), L. Ventimiglia (AER 9 de Julio).

INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 (2700) Pergamino, Buenos Aires, Argentina.

nferraris@pergamino.inta.gov.ar

Introducción

El fósforo (P) es uno de los 17 nutrientes considerados esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Marschner, 1995). Junto con el nitrógeno (N), potasio (K), azufre (S), calcio (Ca) y magnesio (Mg) conforman el grupo de macronutrientes por las cantidades requeridas y la frecuencia con que se encuentran en cantidades deficientes para los cultivos.

Tradicionalmente, los estudios sobre fertilización fosforada se han centrado en la calibración de umbrales críticos de respuesta tomando como base el método de Bray y Kurtz I, y en la elaboración de curvas de respuesta, los cuales deben ser periódicamente actualizadas dados los adelantos permanentes en la

aplicación de tecnología y el nivel de rendimiento alcanzado. En los últimos tiempos, se ha avanzado además en aspectos tecnológicos del manejo de fertilizantes, tales como la aplicación en superficie. Los objetivos de este trabajo fueron: 1. Evaluar la respuesta de trigo a dosis crecientes de fertilizante fosforado, 2. Actualizar la calibración de umbrales críticos para decidir la aplicación de fertilizantes y 3. Comparar la eficiencia de la aplicación localizada y en banda, cuando son realizados a la siembra del cultivo.

Materiales y métodos

Se realizaron nueve experimentos de campo en las campañas agrícolas 2008 y 2009. Se evaluaron dosis crecientes de P aplicado en cobertura total (voleo) a la siembra. Una de las dosis, por lo general la más alta, se aplicó también incorporada en bandas, para comparar formas de localización. Los experimentos fueron conducidos con un diseño en bloques completos al azar, con tres o cuatro repeticiones en todos los casos. Como fuente de P se usó superfosfato triple de calcio (20% de P, 46% de P_2O_5). En todos los sitios se aplicó N y S en altas dosis de modo de evitar posibles interacciones entre nutrientes. En la Tabla 2 se describen algunas características de los nueve sitios experimentales.

Tabla 1. Tratamientos evaluados en los ensayos. Abreviaturas: vol = aplicaciones al voleo, loc = aplicaciones en bandas incorporadas. Entre paréntesis se indica el número de sitios en que se aplicó la dosis indicada, localizada en bandas.

| Tratamiento | Dosis y forma de aplicación | Dosis de P aportada (kg ha ⁻¹) |
|-------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|
| T1 | Testigo | |
| T2 | P10 vol | 10 |
| T3 | P20 vol | 20 |
| T4 | P30 vol | 30 |
| T5 | P10 loc (2), P20 loc (5), o P30 loc (6) | 20-30 |

Tabla 2. Características de los sitios experimentales.

| Sitio y Año | Serie de Suelo | Tipo de Suelo | Antecesor | Cultivar | Nivel de P a la siembra (mg kg ⁻¹) | Materia orgánica (%) | Lluvias Junio-Nov (mm) |
|---------------------------|-------------------|-----------------|------------|--------------|------------------------------------------------|----------------------|------------------------|
| Arrecifes 2008 | Arroyo Dulce | Argiudol típico | Soja | DM Cronox | 8,5 | 3,2 | 305 |
| Pergamino 2008 | Pergamino | Argiudol típico | Soja | Baguette 11P | 26,0 | 3,0 | 273,6 |
| Junín 2008 | Junín | Hapludol típico | Maíz | DM Cronox | 7,3 | 2,3 | 251 |
| Nueve de Julio 2008 | Norumbega | Hapludol éntico | Soja | K. Tauro | 5,2 | 3,1 | 352 |
| Bolívar 2008 | Bolívar | Hapludol éntico | Soja | Baguette 9 | 14,5 | 2,2 | 431 |
| General Villegas 2008 | Lincoln | Hapludol típico | Soja | R. Tijetera | 13,5 | 2,2 | 303,2 |
| Pergamino 2 2009 | Pergamino | Argiudol típico | Soja | Baguette 17 | 12,8 | 2,2 | 242,5 |
| San Antonio de Areco 2009 | Capitán Sarmiento | Argiudol típico | Trigo/Soja | B. Meteoro | 12,6 | 3,1 | 570 |
| Nueve de Julio 2 2009 | Norumbega | Hapludol éntico | Girasol | Baguette 9 | 5,2 | 3,4 | 331,8 |

Resultados y discusión

La fertilización fosforada incrementó significativamente los rendimientos de trigo en 4 ($P < 0,05$) y 1 ($P < 0,1$) de 9 experimentos. Como media de toda la red, la respuesta a P fue estadísticamente significativa ($P = 0,09$), sin diferencias entre dosis (Figura 1). El máximo rendimiento se alcanzó en el nivel intermedio (20 kg P ha^{-1}), siendo la eficiencia media de los tratamientos de 33,7, 21,1 y 11,7 $\text{kg trigo kg P}^{-1}$ para las dosis de 10, 20 y 30 kg P ha^{-1} , respectivamente.

La respuesta en rendimiento (Rendimiento medio T2-T3-T4-T5 – Rendimiento Testigo) (Figura 2.a), y el rendimiento relativo (RR) al máximo calculado como el rendimiento del Testigo en relación a la media de todos los tratamientos fertilizados ($RR = \text{Rendimiento Testigo} / \text{Rendimiento medio T2-T3-T4-T5}$) (Figura 2.b), se asociaron fuertemente al nivel de P en suelo a la siembra. Esto confirma la validez del análisis de P-Bray como predictor de la respuesta a la fertilización fosforada. En la región bajo estudio, la importancia del análisis se ve incrementada por el escaso aporte de P proveniente de la mineralización de la materia orgánica, lo que hace al P lábil mineral, medido por Bray I, la principal vía de aporte al sistema.

El nivel crítico de P Bray, por debajo del cual el rendimiento relativo del testigo en comparación a la media de los tratamientos fertilizados es menor del 93%, se estimó en 15 mg kg^{-1} (Figura 2b.). Este nivel crítico es coincidente con el observado por García et al. (2006) en ensayos realizados en el sur de Santa Fe y de Córdoba.

Los rendimientos de los tratamientos al voleo y en banda se distribuyen de manera uniforme alrededor de una relación 1:1, indicando que ambas formas de localización muestran un comportamiento similar. La tendencia no está afectada por la dosis de P aplicada. (Figura 3).

Estadísticamente, se pudieron establecer trece comparaciones entre formas de localización a través de contrastes combinando sitio y dosis (Figura 4). Sólo en dos de estas combinaciones se registraron diferencias a favor de aplicaciones en banda. Estas se produjeron en los sitios Pergamino 2 y Bolívar, sitios de textura contrastante y valores medios de P en suelo (Tabla 2). Como promedio de toda la red, la respuesta a la aplicación de P al voleo fue de 600 kg ha^{-1} , mientras que en P localizado el incremento alcanzó a 740 kg ha^{-1} .

Cabe destacar que este análisis de esta red se fundamenta en el concepto de suficiencia, consistente en establecer umbrales críticos de respuesta a la fertilización en base a la eficiencia de uso del nutriente con el objetivo de maximizar el beneficio económico. Esto no contempla la reposición de las cantidades de nutrientes exportadas con los granos, aspecto relevante para la sustentabilidad de los sis-

temas productivos.

Algunos de los ensayos de 2008 fueron conducidos bajo condiciones de estrés hídrico severo, como sucediera en Arrecifes, Pergamino, Junín y General Villegas (Tabla 1), de lo cual dan cuenta sus rendimientos (Figura 4). Esto constituye un fuerte condicionante al uso eficiente de los nutrientes. Sin embargo, en algunas de estas localidades igualmente se pudo verificar respuesta significativa a la fertilización, demostrando la importancia del P como factor de estabilidad en los rendimientos. Gutiérrez Boem y Thomas (1998), en ensayos con estrés hídrico moderado, mencionan independencia entre respuesta a la fertilización fosforada en trigo y disponibilidad hídrica. Ambientes extremadamente desfavorables como los verificados en Arrecifes, Pergamino o Junín durante el primer año de ensayos impedirían la expresión de respuesta a la fertilización, cualquiera fuera el nutriente evaluado.

Conclusiones

- El cultivo de trigo respondió incrementando significativamente su rendimiento por el agregado de P en cinco de nueve ensayos. El máximo rendimiento se alcanzó con la dosis de 20 kg P ha^{-1} , siendo las eficiencias observadas de 33,7, 21,1 y 11,7 $\text{kg trigo kg P}^{-1}$ para la dosis de 10, 20 y 30 kg P ha^{-1} , respectivamente.
- La respuesta a la fertilización estuvo fuertemente asociada a la disponibilidad inicial de P y poco asociada al rendimiento del cultivo o la magnitud de las precipitaciones, demostrando la utilidad del análisis de suelo como criterio de decisión.
- Aún en un cultivo de invierno bajo restricción de precipitaciones, la aplicación de P al voleo incrementó los rendimientos. La aplicación en banda alcanzó un diferencial de 140 kg ha^{-1} , pero no modificó la tendencia general de respuesta. Los rendimientos de los tratamientos localizados y al voleo se agruparon en torno a una relación 1:1.
- El P es un elemento primordial para la producción de gramíneas invernales. La actualización de herramientas de diagnóstico y la evaluación permanente de nuevas alternativas tecnológicas es un aspecto relevante con el fin de sostener elevados niveles de rendimiento a través del tiempo.

Bibliografía

- García F., M. Boxler, J. Minteguiaga, R. Pozzi, L. Firpo, G. Deza Marin y A. Berardo. 2006. La Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe: Resultados y conclusiones de los primeros seis años 2000-2005. AACREA. 32 pp. Buenos Aires, Argentina.
- Gutiérrez Boem F.H. y G. Thomas. 1998. Phosphorus nutrition affects wheat response to water deficit. *Agronomy Journal* 90: 166-171.
- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London 2nd edition. 889 pp. ■

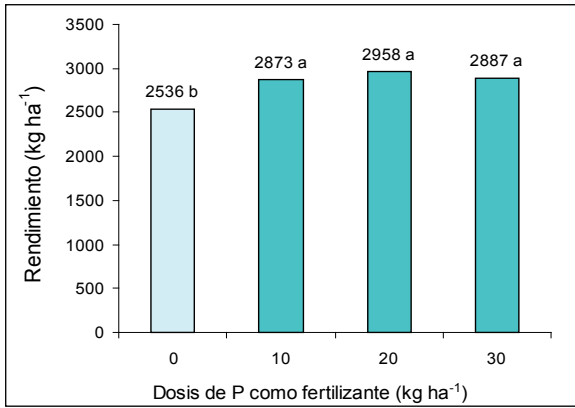


Figura 1. Producción media de grano de trigo por la aplicación de diferentes dosis de fósforo al voleo a la siembra. Los datos son promedio de nueve experimentos, y tres o cuatro repeticiones por experimento. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,10$).

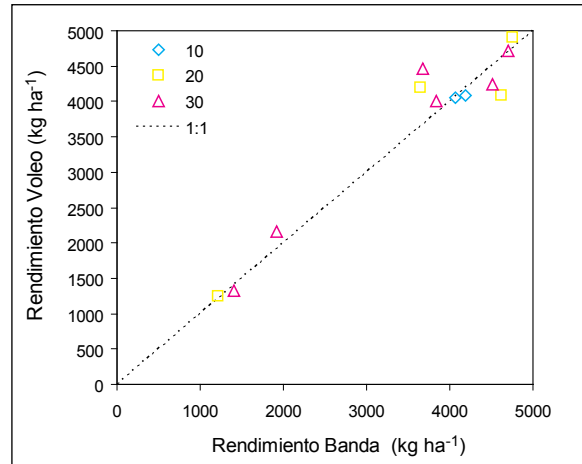


Figura 3. Relación entre el rendimiento de los tratamientos con aplicaciones al voleo y localizado en banda. Los puntos alineados en torno a la relación 1:1 indican ausencia de diferencias entre ambas formas de localización.

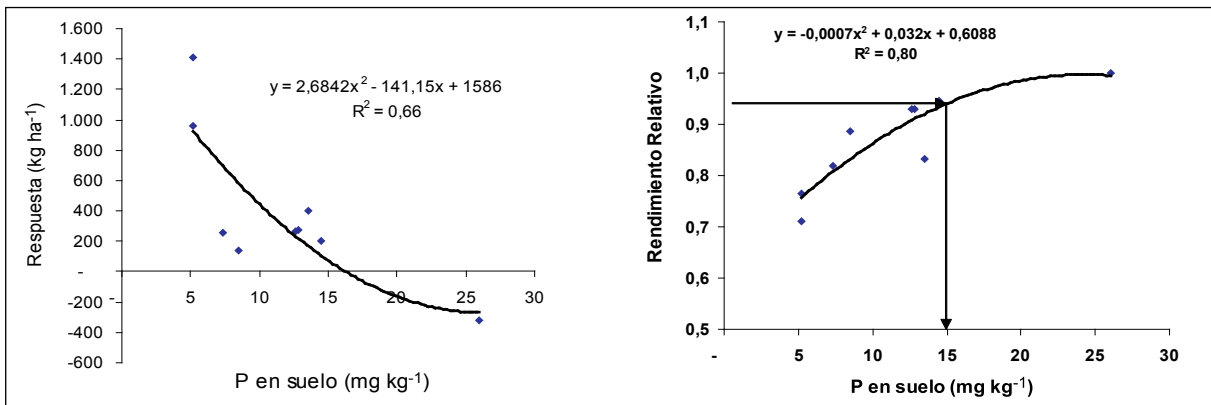


Figura 2. Relación entre a) respuesta a la fertilización fosforada, media de todas las dosis y b) rendimiento relativo del testigo en comparación a la media de los tratamientos fertilizados y el nivel de P Bray en trigo. Ensayos del norte, centro y oeste de Buenos Aires. Años 2008 y 2009.

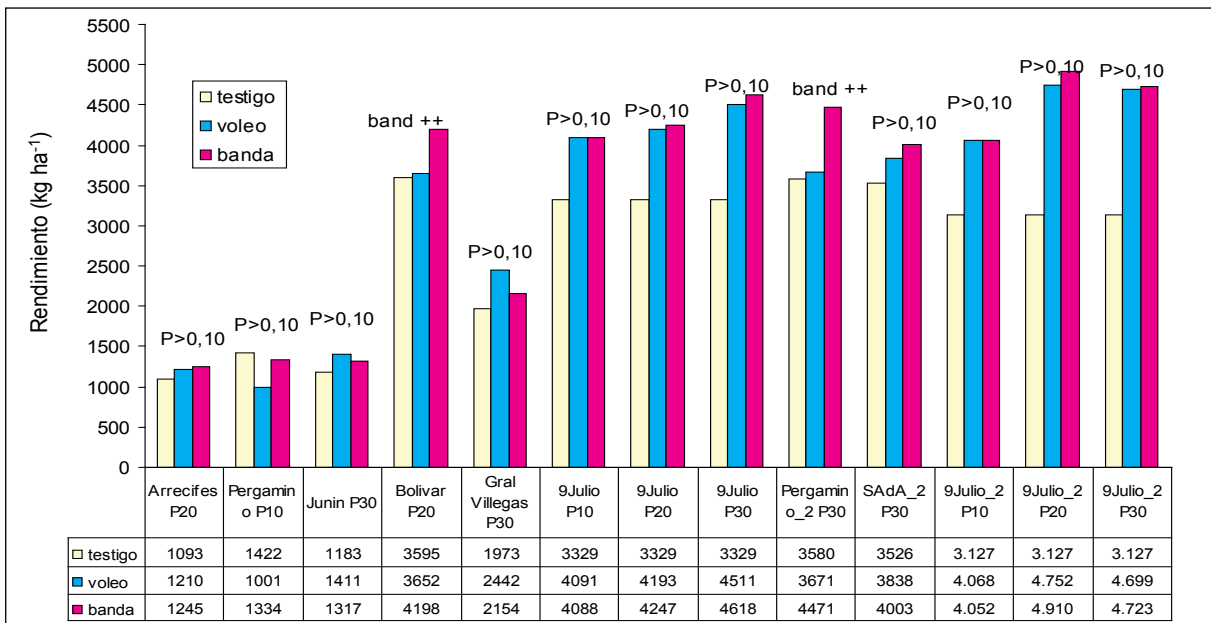


Figura 4. Producción de grano de trigo bajo diferentes formas de localización de fósforo en las trece combinaciones sitio-dosis evaluadas. $P > 0,10$ indica diferencias no significativas (probabilidad mayor del 10%) y band++ indica diferencias significativas a favor de la aplicación en bandas sobre la aplicación al voleo.