

AGRICULTURA



CAMPAÑA 2021:

Dosis variable y eficiencia de uso de fósforo en trigo en el centro oeste bonaerense

Trabajo presentado al Segundo Congreso Latinoamericano de Agricultura de Precisión 2022

- INTA Bolívar
- INTA Bragado
- INTA 25 de mayo
- Chacra Experimental Bellocq

PEÉREZ, Gonzalo (INTA); ESTEL-RRICH, Carolina (Chacra Experimental Bellocq - MDA); MELIÓN, David; (INTA); ZANETTINI, Jorge (INTA)

Zonas de manejo, agricultura de precisión, suelos hapludoles

Resumen

Para el centro oeste bonaerense, la variabilidad espacial de los contenidos de P Bray 1 está fuertemente asociada a la variabilidad topográfica y a la productividad de los cultivos, presentando las zonas de mayor productividad menores contenidos de fósforo (P). El objetivo de este trabajo fue determinar la interacción entre zonas de manejo, niveles de fertilización con P, y eficiencia de uso de P (EUP). Se realizaron experimentos en 7 lotes de producción del centro oeste de la provincia de Buenos Aires. Dentro de cada lote se delimitaron zonas de manejo (ZM) de alta y baja productividad (AP y BP). En cada sitio y ZM se realizó un muestreo de suelos en la capa de 0-20 cm y se determinó pH agua, carbono orgánico, fósforo extractable. Dentro de cada ZM se instalaron 3 dosis de P: 0, 15 y 30 kg P ha⁻¹. En 5 de los lotes evaluados, el efecto de la interacción entre dosis de P y ZM no fue significativo, con un incremento medio de rendimiento al agregado de P de 626 kg ha⁻¹. Esta respuesta estuvo asociada a sitios con un valor medio de P Bray 1 de 13,7 mg kg⁻¹. En 6 de las localidades evaluadas existieron diferencias significativas en la EUP entre zonas de manejo, siendo las ZM AP las de mayor EUP con un valor medio de 38 kggrano kgP⁻¹, en comparación con las ZM de BP, con un valor medio de 16 kggrano kgP⁻¹ justificando el uso de dosis diferente de P.

Introducción

El fósforo (P) es uno de los nutrientes más importantes para la producción del cultivo de trigo. Presenta umbrales críticos superiores a los de soja y maíz, obteniendo respuestas con valores de P-Bray 1 en la capa de 0-20 cm por debajo de los 19 mg kg⁻¹ (Sucunza, *et. al.*, 2018). Los niveles de P-Bray 1 en suelos del centro oeste de la provincia de Buenos Aires se encuentran en rangos que van desde 10 a 20 mg kg⁻¹, por lo tanto es esperable encontrar respuestas al agregado de P en el cultivo de trigo (Sainz Rozas *et. al.*, 2020).

Los suelos de la región pampeana presentan alta variabilidad espacial en el contenido de P-Bray 1, muestreado en la capa de 0-20 cm (Simon *et. al.*, 2013, Alesso *et. al.*, 2012). Para la región del centro oeste bonaerense, con suelos agrícolas en su mayoría Hapludoles típicos y énticos, la variabilidad espacial de los contenidos de P Bray 1 está fuertemente asociada a la variabilidad topográfica y a la productividad de los cultivos, presentando las zonas de mayor productividad menores contenidos de P Bray 1 (Perez y Diaz Zorita, 2018).

El objetivo de este trabajo fue determinar la interacción entre zonas de manejo, niveles de fertilización con P, y eficiencia de uso de fósforo (EUP), en lotes del centro oeste bonaerense.

URL: inta.gov.ar/documentos/informes-tecnicos-desarrollo-rural-inta-pergamino

ISSN: 2796-910X

Responsable: María Eugenia Sticconi
Editor: César Baldoni

Estación Experimental Agropecuaria Pergamino INTA
Ruta 32 KM 4.5 (6700) Pergamino
Buenos Aires - Argentina
Teléfono: +54 02477 43-9076



AGRICULTURA



Materiales y métodos

Se realizaron experimentos en 7 lotes de producción del centro oeste de la provincia de Buenos Aires: 25 de Mayo en la campaña 2018-19 y 2019-20 (25dM1 y 25dM2), Bellocq en la campaña 2018-19 y 2019-20 (Bell1 y Bell2), Bolívar en la campaña 2018-19 y 2019-20 (Bol1 y Bol2) y Bragado en la campaña 2018-2019 (Bra1). Dentro de cada lote se delimitaron zonas de manejo (ZM) de alta y baja productividad (AP y BP), utilizando mapas de topografía e índice verde (NDVI, Eq. 1) de cultivos anteriores:

$$\text{Eq 1- NDVI} = (IR - R) / (IR + R)$$

Donde: IR= reflectancia en la banda infrarroja y R= reflectancia en la banda roja.

En cada lote y ZM se realizó un muestreo de suelos en la capa de 0-20 cm para determinar pH agua (1:2,5), carbono orgánico (CO, g kg⁻¹) y fósforo extractable (P-Bray 1, mg kg⁻¹). El mismo se realizó recolectando 25 submuestras aleatorizadas dentro de cada ZM. Dentro de cada ZM se instalaron 3 dosis de fósforo: 0, 15 y 30 kg P ha⁻¹, utilizando como fuente fosfato monoamónico (N:12, P2O5:52), aplicado a la siembra e incorporado en la línea del surco, en

un diseño de bloques completamente aleatorizados con 3 repeticiones. Las parcelas fueron sembradas en siembra directa, con una superficie promedio de 15 m². En madurez fisiológica se realizó la cosecha de las mismas en forma manual, con posterior trilla y corrección de los resultados a humedad de recibo para el cálculo de rendimiento (kg ha⁻¹). La EUP se calculó a partir de la siguiente ecuación (Eq. 2):

$$\text{Eq 2 - EUP (kg}_{\text{grano}} \text{ kg}_{\text{P}}^{-1}) = (\text{Rendimiento}_{\text{maxP}} (\text{kg ha}^{-1}) - \text{Rendimiento}_{\text{testigo}} (\text{kg ha}^{-1}) / \text{Dosis P} (\text{kg ha}^{-1})$$

Donde Rendimiento_{maxP} es el rendimiento de la parcela de máximo rendimiento fertilizado con P dentro de cada bloque, Rendimiento_{testigo} es la parcela dentro del bloque sin fertilizante P, y Dosis P es la dosis del tratamiento fertilizado con P. El análisis de los rendimientos y EUP se realizó utilizando la metodología propuesta por Peralta *et. al.* (2021), a partir de modelos lineales mixtos, utilizando para cada lote la dosis de P y ZM como efectos fijos, y el bloque como efecto aleatorio, dentro de cada ZM. Se utilizó el paquete estadístico de MLGM de Infostat (Di Rienzo *et. al.*, 2019).



Resultados y discusión

Los valores de pH variaron entre 7,3 y 5,5, con un valor medio de 6. Los valores de CO variaron entre 27,4 g kg⁻¹ y 8,7 g kg⁻¹, con un valor medio de 15,8 g kg⁻¹, ubicándose en general los mayores valores en las ZM de AP. Los valores de P-Bray 1, variaron entre 26,8 mg kg⁻¹ y 6 mg kg⁻¹ con un valor medio de 15,2 mg kg⁻¹ (Tabla 1).

TABLA 1. PROPIEDADES DE SUELO DE LOS SITIOS EVALUADOS, MEDIDOS EN LA CAPA DE 0-20 CM: PH AGUA (1:2,5), CARBONO ORGÁNICO (CO, G KG⁻¹), FOSFORO EXTRACTABLE (P-BRAY 1, MG KG⁻¹).

Localidad	pH agua -00:01:02,50	CO (g kg ⁻¹)	P-Bray 1 (mg kg ⁻¹)
25dM1 AP	5,5	14,4	6
25dM1 BP	5,5	10,9	16,2
25dM2 AP	5,9	17,4	12,2
25dM2 BP	5,8	12,2	19,3
Bra1 AP	5,9	10,9	12,1
Bra1 BP	6	10,9	19,5
Bol1 AP	5,8	27,4	7,3
Bol1 BP	5,9	13,1	11,6
Bell2 AP	6,4	18,6	13,9
Bell2 BP	6	21,5	21,2
Bol2 AP	6,4	16,9	23
Bol2 BP	5,6	8,7	26,8
Bell1 AP	7,3	17,7	11,4
Bell1BP	6,3	20,1	12,2
Media	6	15,8	15,2
Max	7,3	27,4	26,8
Min	5,5	8,7	6

AGRICULTURA

En cinco de los lotes evaluados, el efecto de la interacción entre dosis de P y ZM no fue significativo. Esto significa que el efecto de la dosis de P sobre el rendimiento fue similar en ambas ZM. En Bell1 y Bol2, hubo interacción entre dosis de P y ZM, en ambos casos existió respuesta a la dosis de P en ZM de AP y no se encontró respuesta significativa al agregado de P en ZM de BP. Los sitios Bol 2 AP y Bell1 AP mostraron solamente respuestas significativas entre Testigo y la dosis de P30 con un incremento medio de 876 kg ha⁻¹. En los sitios Bol1 y 25dM1 las dosis de P30 y P15 no se diferenciaron entre sí, pero si la dosis de P15 se diferenció del testigo con incremento medio de rendimiento de 484 kg ha⁻¹. En el sitio Bell2 los tratamientos P30 y P15 se diferenciaron del testigo, con un incremento medio de 1555 kg ha⁻¹. En el sitio 25dM2 los tratamientos P30 y P15 no se diferenciaron entre sí, pero solamente P30 se di-

ferenció del testigo, con un incremento de 426 kg ha⁻¹. El sitio Bra1 mostro diferencias entre todos los tratamientos, siendo P15 el de mayor rendimiento, con una diferencia entre P30 y testigo de 676 kg ha⁻¹. Bol2 BP y Bell 1 BP, no presentaron respuesta significativa al agregado de P, esto pudo deberse a zonas elevadas del relieve con baja capacidad de retención hídrica y que fueron afectadas por bajas precipitaciones durante el desarrollo del cultivo (Tabla 2).

En sitios con respuesta al agregado de P, se obtuvo un incremento medio de rendimiento de 626 kg ha⁻¹. Esta respuesta estuvo asociada a sitios con un valor medio de P Bray 1 de 13,7 mg kg⁻¹. Esto es esperable debido a que están por debajo de valores críticos reportados para el cultivo de trigo de 19 mg kg⁻¹ (Sucunza, *et al.*, 2018).

Localidad	Dosis de P * ZM	ZM	Dosis de P		
			0	15	30
p-valor			Rendimiento (kg ha ⁻¹)		
25dM1	ns	0,0002	4031 b	4370 a	4078 ab
25dM2	ns	0,0001	4209 b	4525 ab	4635 a
Bra1	ns	0,0001	5404 c	6733 a	6080 b
Bol1	ns	0,0005	3964 b	4593 a	4433 ab
Bell2	ns	ns	6573 b	7646 a	7809 a
Bell1 AP	0,012		3817 b	3982 b	4600 a
Bell1 BP			2802	3290	2689
Bol2 AP	0,0001		2007 b	2319 b	2976 a
Bol2 BP			1366	1348	1330

TABLA 2. VALORES DE PROBABILIDAD (P-VALOR) PARA LA INTERACCIÓN ENTRE DOSIS DE FOSFORO (P) Y ZONAS DE MANEJO (ZM) DE ALTA PRODUCTIVIDAD (AP) Y BAJA PRODUCTIVIDAD (BP), Y RENDIMIENTO DE TRIGO (KG HA⁻¹), PARA LOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN CON FOSFORO (P), EVALUADOS EN 7 LOTES DE PRODUCCIÓN DEL CENTRO OESTE BONAERENSE. LETRAS DIFERENTES INDICAN DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS AL 5%.

Una forma de definir la dosis de P a aplicar en cada sitio es a partir de la EUP, en combinación con el precio del grano de trigo, el valor del fertilizante fosforado y los costos de aplicación y comercialización. En 6 de las localidades evaluadas existieron diferencias significativas en la EUP entre zonas de manejo, siendo las ZM AP las de mayor EUP con un valor medio de 38 kg_{grano} kgP⁻¹, en comparación con las

ZM de BP, con un valor medio de 16 kg_{grano} kgP⁻¹ (Tabla 3). Estos resultados justificarían el uso de dosis diferentes de P en estos sitios. Resultados similares fueron reportados por Peralta *et al.* (2021), en lotes del sudoeste de Buenos Aires, en el cultivo de soja.

AGRICULTURA



Localidad	p-valor	EUP (kg _{grano} kg _P ⁻¹)	
		AP	BP
25dM1	0,01	25a	3b
25dM2	0,07	49a	18b
Bra1	0,06	56a	37b
Bol1	0,03	36a	15a
Bell2	ns	54	53
Bell1	0,1	30a	19b
Bol2	0,04	32a	8b

TABLA 3. VALORES DE PROBABILIDAD (P-VALOR) Y EFICIENCIA DE USO DE FOSFORO (EUP, KGGRANO KGP⁻¹), EVALUADAS EN 7 LOTES DE PRODUCCIÓN DEL CENTRO OESTE BONAERENSE. LETRAS DIFERENTES INDICAN DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS.



Conclusiones

En lotes del centro oeste bonaerense la respuesta a dosis crecientes de P en el cultivo de trigo es independiente de la ZM y se relaciona más con características propias de cada sitio, entre ellas los niveles de P-Bray 1 en la capa 0-20 cm. Sin embargo, en la mayoría de los sitios, se observó diferentes EUP entre ZM, lo que justificaría dosis distintas de este nutriente.

Referencias

- Alesso, CA; MA Pilatti; SC Imhoff & M Grilli. (2012). Variabilidad espacial de atributos químicos y físicos en un suelo de la pampa llana santafesina. *Ciencia del suelo* 30:85-93.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat (2019). Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Peralta, R. N., Trueba, M., Wyngaard, N., Córdoba, M., & Salleses, L. (2021). Agricultura de precisión: dosis variable de fósforo en soja (*Glycine max* (L.) Merr.). *Ciencia del Suelo*, 39(1).
- Pérez, G., & Díaz-Zorita, M. (2018). Variabilidad sitio-específico de respuestas de maíz y de soja a la fertilización con fósforo según fechas de siembra. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*. IH 31.
- Sainz Rozas, H., Eyherabide, M., Larrea, G., Martínez Cuesta, N., Angelini, H., Reussi Calvo, N., & Wyngaard, N. (2020). Relevamiento y determinación de propiedades químicas en suelos de aptitud agrícola de la región pampeana. *Área de investigación y desarrollo tecnológico*, 8(9), 12.
- Simon, M; NR Peralta & JL Costa. (2013). Relationship between apparent electrical conductivity with soil properties and nutrients. *Ciencia del suelo* 31:45-55.
- Sucunza, F. A., Boem, F. H. G., Garcia, F. O., Boxler, M., & Rubio, G. (2018). Long-term phosphorus fertilization of wheat, soybean and maize on Mollisols: Soil test trends, critical levels and balances. *European journal of agronomy*, 96, 87-95.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto Estructural PE I177 de "Agricultura de Precisión y Mecanización Agrícola" y PE - I011 "Intensificación Sustentable de la Agricultura en la Región Pampeana" de INTA por el aporte de recursos para la implementación de estos ensayos.