

ESTRATEGIAS DE NUTRICIÓN CON FOSFORO Y NITRÓGENO UTILIZANDO FERTILIZANTES LÍQUIDOS EN TRIGO

CAMPAÑA 2016

INTA EEA Pergamino

Ing. Agr. (MSc) Gustavo N. Ferraris

1.INTA EEA Pergamino.Av Frondizi km 4,5 (B2700WAA) Pergamino

ferraris.gustavo@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

El fósforo (P) es un nutriente esencial para los vegetales. La tendencia creciente en los rendimientos - que determina mayores niveles de extracción – junto a estrategias de producción de corto plazo, muchas veces en campos arrendados a terceros, ha provocado una permanente extracción dando como resultado los bajos niveles actuales, que se pueden determinar mediante análisis químicos en suelos pampeanos. La necesidad de cubrir los requerimientos de absorción del cultivo y recomponer una dotación satisfactoria en los suelos, ha llevado a implementar una doble estrategia. Por un lado se deben realizar planteos de reposición en el largo plazo, aplicando fuentes de bajo costo con una metodología simple i.e. aplicaciones en cobertura total, en una dosis que contempla los niveles de extracción realizados según la calidad del ambiente productivo. Pero a la vez, se debe suplementar a los cultivos en tiempo y forma, suministrando una cantidad de nutriente que el suelo no puede abastecer. Teniendo en cuenta que la disponibilidad de P es crítica en los primeros estadios fenológicos, no sólo la dosis sino también la localización y forma química del fertilizante podrían resultar relevantes. Con el objetivo de cubrir estas necesidades de corto plazo, y aportar parcialmente a la reposición de P en el suelo en el largo plazo, han surgido en los últimos años fuentes plenamente solubles bajo una forma física –líquidos o microgranulados- y química –polifosfatos- novedosa para este elemento, cuya eficiencia requiere ser evaluada.

Por su parte, el nitrógeno (N) es el principal elemento en la nutrición de gramíneas. Sus carencias afectan la expansión y duración del área foliar, reducen el cuajado de flores y producen aborto de granos. Otro de los objetivos de las aplicaciones foliares de N es la búsqueda de calidad, determinada especialmente por el contenido de N en grano y sus variables asociadas, proteína y gluten. La prevalencia de los efectos sobre rendimiento y calidad están determinados en buena medida por el momento de aplicación y el estado nutricional previo a la aplicación. Si los componentes de rendimiento están comprometidos por una deficiente nutrición previa, es probable que el N aportado tienda a sostener una expresión de rendimiento razonable. Por el contrario, si el cultivo se encuentra en una condición nutricional cercana a la suficiencia, el N se concentra en el grano incrementando sus parámetros asociados, proteína y gluten. Existe el interrogante, sin embargo, sobre la factibilidad de armonizar estrategias superadoras reemplazando parte de la fertilización de base por una suplementación más tardía, durante el período de macollaje y aun la encañazón, hasta hoja bandera expandida.

El objetivo de esta investigación fue evaluar los efectos de estrategias con fósforo y nitrógeno, combinando la aplicación de líquidos y sólidos a lo largo del ciclo de cultivo. Hipotetizamos que 1. Fósforo y nitrógeno son limitantes en nuestros sistemas, y al aportarlos por medio de la fertilización, incrementan los rendimientos de trigo por medio de una mejora en el crecimiento, cobertura y número de granos y 2. Con este fin, es posible diagramar diferentes estrategias de nutrición, combinando fuentes y dosis de aplicación, donde las fuentes líquidas se transforman en una herramienta útil y relevante.

Palabras clave: Trigo, nutrición, nuevas formulaciones, eficiencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento de campo en la Escuela Agrotécnica Salesiana “Concepción Gutiérrez de Unzué” de la localidad de Ferré, General Arenales, Buenos Aires, sobre un suelo Serie Rojas, Argiudol típico, Clase I de alta productividad. El ensayo fue sembrado el día 15 de Julio, en Siembra directa, siendo la variedad Klein Nutria, nuevo cultivar de ciclo corto, buena sanidad y muy alto potencial de rendimiento. Tanto la fuente sólida como líquida fueron localizadas en línea, en íntimo contacto con las semillas. En el

caso del fertilizante líquido, por medio de una barra aplicadora montada sobre el tren de siembra, presurizado por CO₂ a presión constante. El experimento fue conducido con un diseño en bloques completos al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones. La denominación de los mismos se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: *Tratamientos de fertilización fósforo – nitrogenada en Trigo. EAS Ferré, año 2016.*

	Estrategia	Fertilización fosforada	Fertilización nitrogenada
T1	Control		Urea 100 kg/ha (s)
T2	Testigo fertilizado	MAP 100 kg/ha (s)	Urea 100 kg/ha (s)
T3	Líquido P sustitución	F2L 100 kg/ha (s)	Urea 100 kg/ha (s)
T4	Líquido objetivo proteína	F2L 100 kg/ha (s)	Urea 100 kg/ha (s) N2L 100 kg/ha (Z37)
T5	Líquido objetivo rendimiento y proteína	F2L 100 kg/ha (s)	Urea 100 kg/ha (s) N2L 100 kg/ha (Z25)
T6	De máxima 1	MAP 70 kg/ha (s) F2L 50 kg/ha (Z25)	Urea 100 kg/ha (s) N2L 100 kg/ha (Z25)
T7	De máxima 2	MAP 70 kg/ha (s) F2L 50 kg/ha (Z25)	Urea 100 kg/ha (s) N2L 50 kg/ha (Z25) N2L 50 kg/ha (Z37)

Estados de aplicación: (S): siembra; (Z25): macollaje; (Z37): hoja pre-bandera

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

Ident	Profundidad	Fósforo	M.O.	pH	N(NO ₃)	N por capas	N suelo	S- sulfatos	Humedad	Condición
		(mg/kg)	%		(mg/kg)	(mg/kg)	kg/ha	(mg/kg)	suelo	física
Trigo L23	0-20 cm	14,8	2,48	6,2	9,5	24,7		6,2	Normal	sin compactación
	20-40 cm				4,6	12,0				
	40-60 cm					6,0	42,6			
		medio	bajo	normal			bajo	bajo		

Se realizó un recuento de plantas emergidas 15 días después de emergencia, y la evaluación de biomasa acumulada en pleno macollaje (Z25). Entre Z41 y Z65 se cuantificó cobertura, NDVI por Green seeker, vigor, índice verde por Spad y altura de planta. La cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Sobre una muestra de cosecha se evaluaron los componentes del rendimiento - número (NG) y peso (PG) de los granos-. Los resultados se analizaron mediante partición de varianza y análisis de correlación.

RESULTADOS

a) Condiciones ambientales de la campaña

A la siembra, el perfil se encontraba con un muy buen nivel de almacenaje, a causa de un ciclo húmedo durante la campaña anterior. Luego de una salida de invierno con escasas precipitaciones, retornaron con fuerza durante octubre y noviembre (Figura 1). No se observó déficit de evapotranspiración durante todo el ciclo (Figura 1). Las temperaturas fueron frescas (Figuras 1 y 2) y el cociente fototermal intermedio (Figura 3).

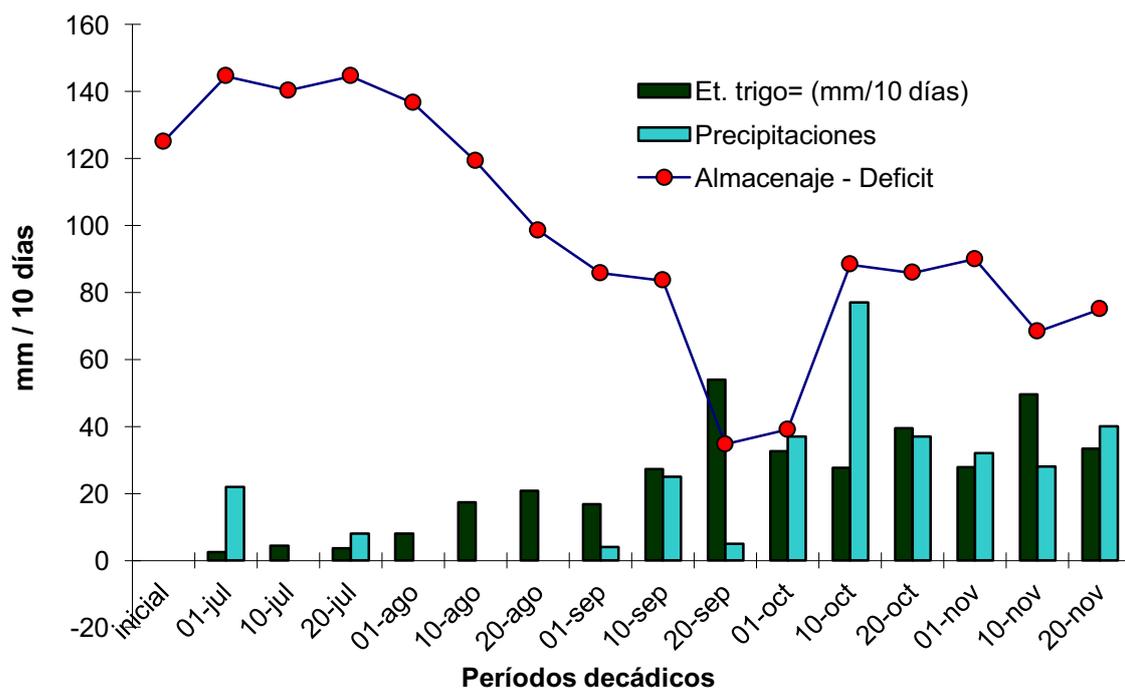


Figura 1: Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico, expresados como lámina de agua útil (valores positivos) o déficit de evapotranspiración (valores negativos). Valores acumulados cada 10 días en mm. Trigo, EAS Ferré, año 2016. Agua útil inicial (140 cm) 125 mm. Precipitaciones totales durante el ciclo 315 mm.

En la Figura 3 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. En 2016 se verificaron muchos días nublados y las temperaturas fueron medias, determinando un cociente fototermal bajo (Figura 3 y Tabla 3), uno de los más reducidos de los últimos años. Mejores fueron las condiciones de llenado, con temperaturas que se mantuvieron frescas (Figuras 2 y 3).

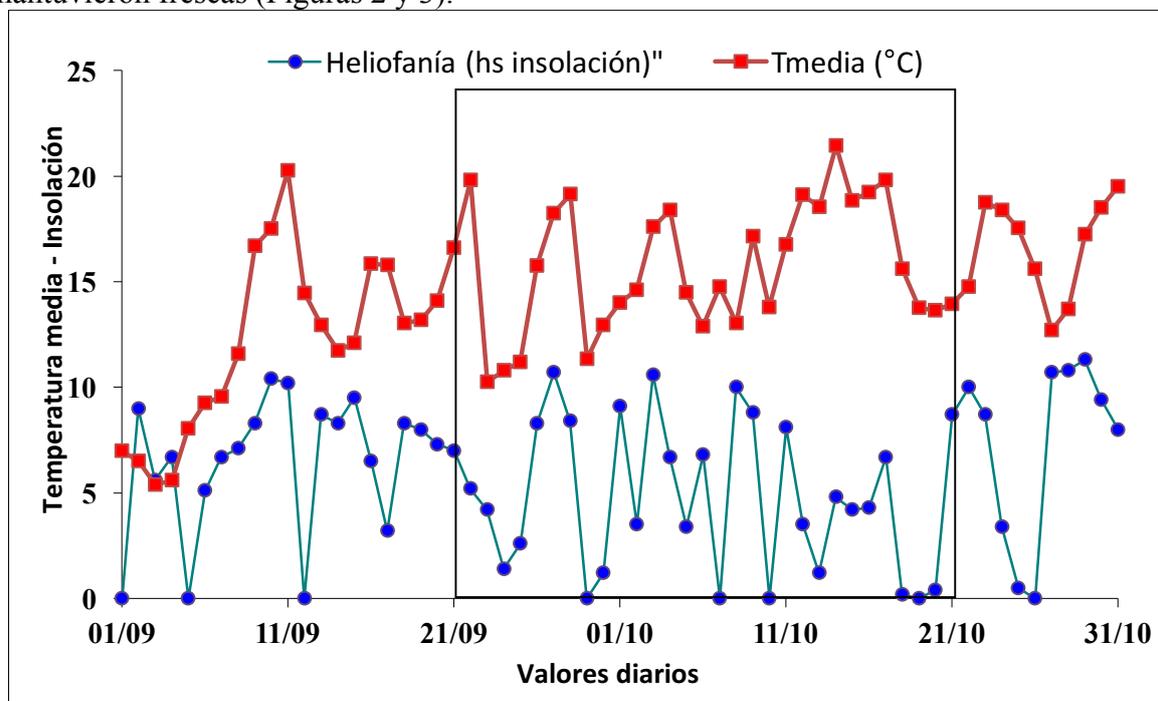


Figura 2: Horas diarias de insolación y temperaturas medias diarias en el período comprendido entre 1 de Setiembre y 31 de Octubre de 2016. Datos estación meteorológica INTA Pergamino.

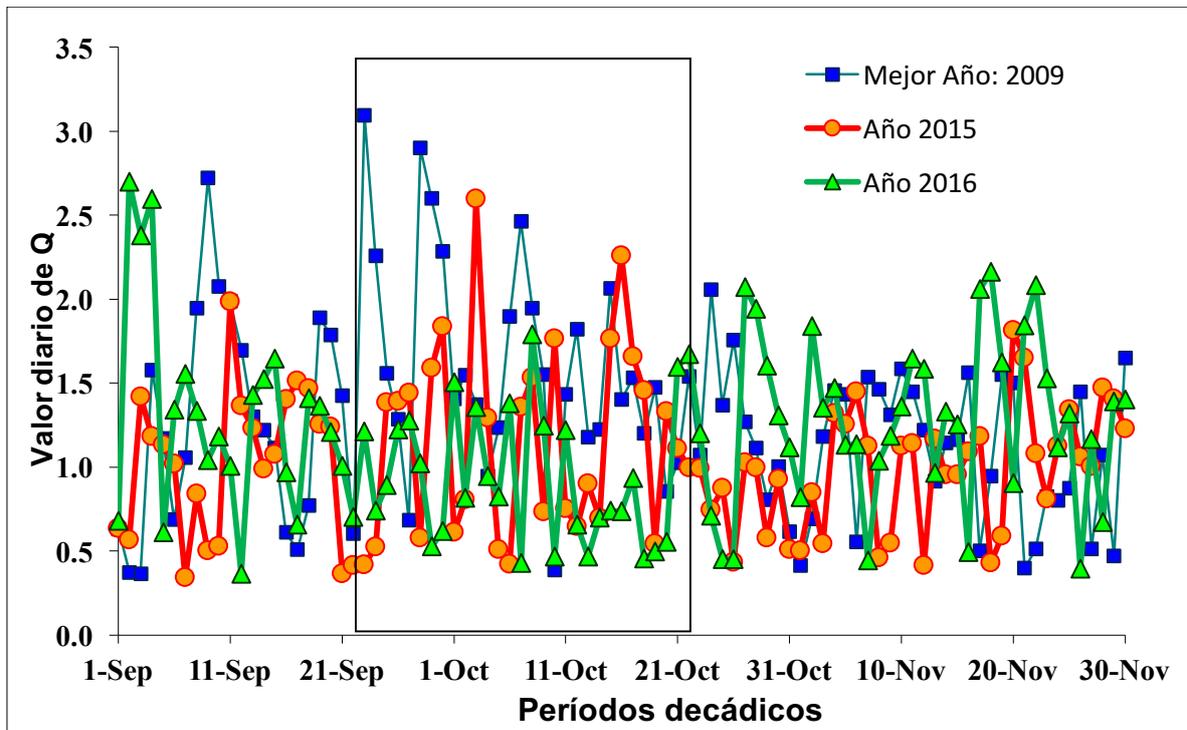


Figura 3: Cociente fototermal (Q) en el período comprendido entre el 1-septiembre y 30-noviembre de 2016, y su comparación con el año anterior y el mejor año de la última década. Datos estación meteorológica INTA Pergamino. Año 2016.

Tabla 3: Insolación efectiva (hs), Temperatura media ($^{\circ}\text{C}$) 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	Año 2012	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016
Insolación Efectiva media (hs)	7,2	7,1	5,9	6,9	8,3	7,45	6,8	5,0	5,6	6,2	5,3	5,4
T media del período $^{\circ}\text{C}$	15,1	17,1	15,0	16,4	13,4	14,8	14,8	14,3	13,5	15,1	13,8	15,5
Cociente fototermal (Q) ($\text{Mj m}^{-2} \text{ día}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)	1,24	1,10	1,12	1,10	1,56	1,34	1,19	1,11	1,20	1,11	1,11	0,98

b) Resultados de los experimentos

En la Tabla 4 se muestran datos de observaciones tomadas durante el ciclo de cultivo, y en la Figura 4 los rendimientos de grano.

Tabla 4: Parámetros morfológicos del cultivo: Número de plantas emergidas, materia seca inicial, cobertura e intercepción, vigor, NDVI por Green seeker, lecturas de intensidad de verde en unidades Spad, vigor y altura de plantas (Z65), componentes y rendimiento de grano. Tratamientos de fertilización con fósforo y nitrógeno utilizando fuentes líquidas en Trigo. EEA INTA Pergamino, año 2016.

	T	Tratamientos	Plantas m ⁻²	MSeca Z25	Cobertura e Intercepción Z41	NDVI GS 65	Spad Z65	
Trigo	T1	Urea 100 (control)	250	691	68,3	0,53	40,1	
	T2	Map 100 + Urea 100	245	1043	75,9	0,60	39,8	
	T3	F2L 100 + Urea 100	257	1051	74,3	0,58	39,2	
	T4	F2L 100 + Urea 100 N2L 100 (Z37)	255	798	75,0	0,60	41,0	
	T5	F2L 100 + Urea 100 N2L 100 (Z25)	252	732	75,3	0,60	40,1	
	T6	Map 70 + Urea 100 F2L 100 + N2L 100 (Z25)	247	794	75,2	0,61	41,1	
	T7	Map 70 + Urea 100 F2L 100 + N2L 50 (Z25) N2L 50 (Z37)	243	852	74,2	0,63	42,1	
R ² vs rend			0,26	0,09	0,48	0,73	0,22	
	T	Tratamientos	Vigor Z65 (1-5)	Altura planta cm	NG m ⁻²	PG	Rendto kg ha ⁻¹	Proteína (%)
Trigo	T1	Urea 100 (control)	2,5	69,0	9125,5	44,0	4015,2	10,1
	T2	Map 100 + Urea 100	3,8	74,0	12068,1	40,7	4907,7	10,2
	T3	F2L 100 + Urea 100	3,5	74,2	11219,5	42,7	4787,0	10,1
	T4	F2L 100 + Urea 100 N2L 100 (Z37)	3,8	73,8	11255,4	40,0	4502,2	10,5
	T5	F2L 100 + Urea 100 N2L 100 (Z25)	4,2	75,0	11768,7	40,7	4785,9	10,2
	T6	Map 70 + Urea 100 F2L 100 + N2L 100 (Z25)	4,3	73,2	13426,0	40,7	5459,9	10,1
	T7	Map 70 + Urea 100 F2L 100 + N2L 50 (Z25) N2L 50 (Z37)	4,1	74,9	12848,0	41,3	5310,5	10,4
	P=						0,01	
	CV=						10,2	
R ² vs rend			0,72	0,45	0,95	0,30		

Índice de Vigor: 1 mínimo 5-máximo. Considera crecimiento, uniformidad, sanidad y aspecto general del cultivo en la parcela evaluada.

NDVI: Índice de vegetación normalizado

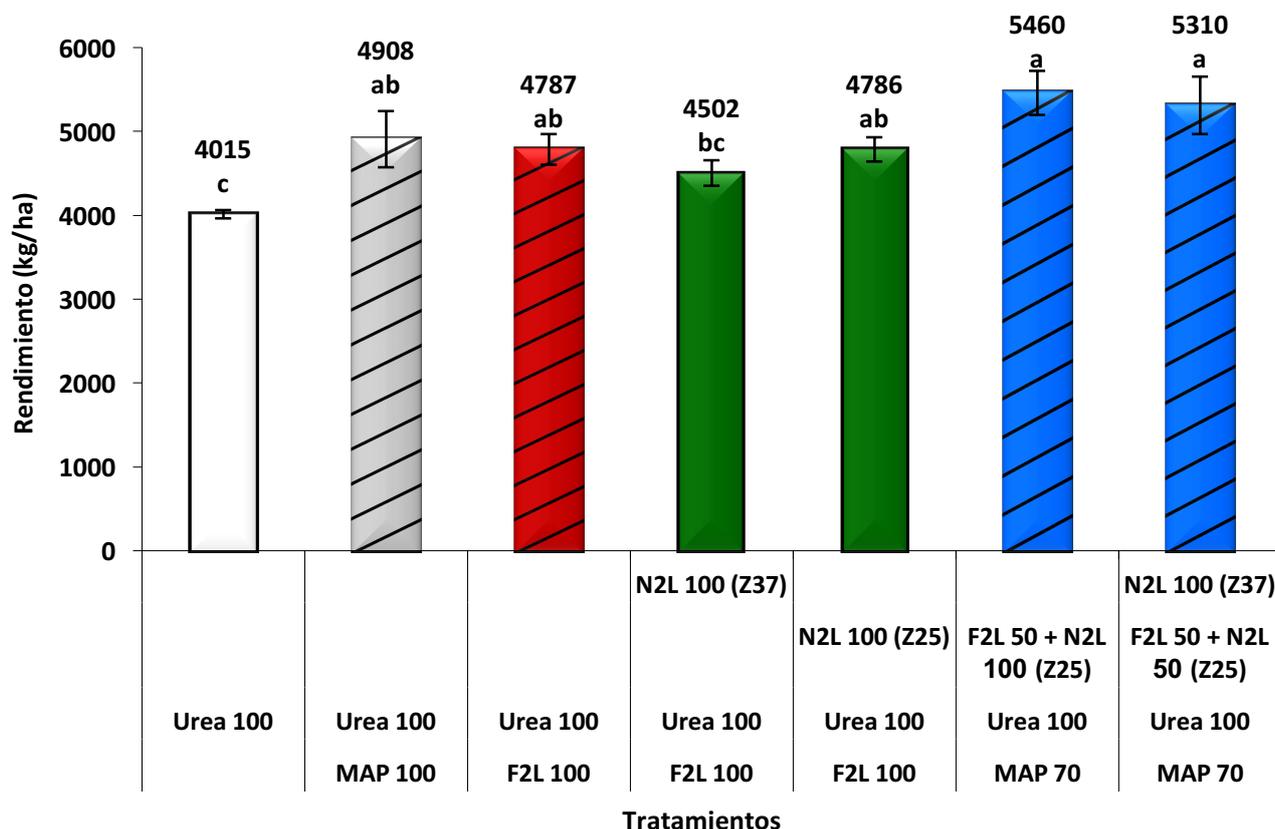


Figura 4: Producción media de grano de trigo según tratamientos de fertilización fósforo-nitrogenada combinando fuentes sólidas y líquidas. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos ($\alpha=0,05$; DMS= 727 kg ha⁻¹). Las barras de error indican la desviación standard de la media. INTA EEA Pergamino, año 2016.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

* Los rendimientos, cuyos promedios alcanzaron a 4824 kg ha⁻¹, fueron satisfactorios a causa del almacenaje hídrico inicial que permitió sortear sin inconvenientes las escasas precipitaciones de agosto y setiembre, y un clima favorable especialmente durante el llenado de los granos (Figura 1).

* El cultivo desarrolló su ciclo en un sitio con moderada fertilidad química. Los niveles de materia orgánica, P y S reflejados por los análisis de suelo muestran la agricultura extractiva realizada en el sitio,

* El efecto de tratamiento fue estadísticamente significativo ($P=0,01$, $cv=10,1$ %) (Tabla 4). Se identificaron estrategias superadoras a la tradicional fertilización con NP a la siembra. Los rendimientos más elevados se obtuvieron con los tratamientos denominados “de máxima”, que tanto para P como N utilizaron fuentes sólidas y líquidas. El tratamiento T3, con F2L como fuente fosforada, mostró rendimientos similares sin diferencias estadísticas con T2, en el que se utilizó MAP para proveer este elemento (Figura 4).

* Como regla general se deduce que aumentar las dosis de fertilizante impacta directamente sobre los rendimientos, tal como se refleja en los tratamientos “de máxima”, T6 y T7. La fertilización particionada en más de una aplicación, de igual modo afecta en forma positiva los rendimientos, al disminuir los riesgos de lixiviación (N) y fijación (P), comunes cuando se aplica fertilizante en altas dosis.

* Algunas variables intermedias registradas en el ensayo se asociaron de manera positiva y significativa con los rendimientos. Estas fueron NG ($r^2=0,95$), PG ($r^2=0,54$), NDVI medido por Green seeker ($r^2=0,73$), índice de vigor ($r^2=0,72$), intercepción de radiación ($r^2=0,48$) y altura final de planta ($r^2=0,45$) (Tabla 4).

* Los resultados obtenidos permiten aceptar la hipótesis que propone efectos significativos de estrategias complementarias a la fertilización básica tradicional.

- * Los resultados obtenidos permiten aceptar las hipótesis que sugieren un efecto significativo de la fertilización con arrancadores fosforados y fuentes nitrogenadas en trigo, así como la viabilidad de estrategias innovadoras de fertilización, que incluyen a los fertilizantes líquidos
- * Los tratamientos ensayados no agotan la variedad de estrategias que podrían ser adoptadas, y las fuentes sólidas y líquidas evaluadas no son mutuamente excluyentes, por lo que es factible diseñar esquemas mixtos donde ambas se utilicen en forma combinada. El ajuste de las proporciones, dosis y momentos de aplicación es parte del trabajo futuro de investigación a realizar en esta temática.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- * Barbagelata, P. 2011. Fertilización fosfatada para trigo y maíz en siembra directa: Diagnóstico de fertilidad y estrategias de fertilización. Actas Simposio Fertilidad 2011. IPNI-Fertilizar AC. pp. 90-97.
- * Barraco, M., M Díaz Zorita, W. Miranda y C. 2015. Contribución de la fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre a la productividad de maíz en la Pampa Arenosa pp116-119. Simposio Fertilidad 2015 “Nutriendo los suelos para las generaciones del futuro”. IPNI – Fertilizar Asociación Civil. 252pp.
- * Bermudez, M. 2011. Cómo llevar a la práctica en gran escala el manejo sitio-específico de N y P. Simposio Fertilidad 2011. Rosario-Santa Fé, Argentina. p: 47-54
- * Bianchini, A. 2003. Localización de fósforo en siembra directa. Simposio “El fósforo en la agricultura argentina”. IPNI Cono Sur. pp. 79-82.
- * Bray, R and Kurtz, L.1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils .Soil Sci 59: 39 - 45.
- * Ciampitti I. y F. García. 2007. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios: Cereales, Oleaginosos e Industriales. Informaciones Agronómicas No. 33. Archivo Agronómico No. 11. pp. 1-4. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires.
- * Ferraris, G. 2008. Fertilización de la Soja. pp 261-278. En: R. Melgar y M. Díaz Zorita (eds). Fertilización de cultivos y pasturas. 2da edición ampliada y actualizada. 569 pp.
- * Ferraris, G. 2010. Dosis y localización de fuentes fosforadas en trigo en el norte, centro y oeste de Buenos Aires. Campañas 2008, 2009 y 2010. En: Jornada de Cultivos de Invierno INTA-AIANBA 2010. 7 pp.
- * Ferraris, G. 2016. Evaluación de una fuente líquida fósforo-azufrada en trigo: Caracterización de su comportamiento agronómico. Informe de resultados. 7 pp.
- * Ferraris, G., F. Mousegne, et al. 2008. Efecto aditivo del agregado de diferentes nutrientes en maíz en el norte, centro y oeste de la provincia de Buenos Aires. En: IVJornada de Maíz INTA EEA Pergamino-AIANBA. 14 pp.
- * Ferraris, GN., M. Toribio, R. Falconi, y L. Couretot. 2015. Efectos de diferentes estrategias de fertilización sobre los rendimientos, el balance de nutrientes y su disponibilidad en los suelos en el largo plazo pp137-142. Simposio Fertilidad 2015 “Nutriendo los suelos para las generaciones del futuro”. IPNI – Fertilizar Asociación Civil. 252pp.
- * Gregoret, M.C., M. Díaz Zorita, J. Dardanelli, y R.Bongiovanni. 2011. Regional model for site-specific corn nitrogen fertilization rainfed in Haplustolls of the central pampas, Argentina. Precision Agriculture. 12(6):831-849.
- * Gutierrez Boem F., F. García, y M. Boxler. 2010 ¿Qué tan distintos son los niveles críticos de fósforo disponible para soja, maíz y trigo? En: Actas XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal. Rosario, Santa Fe.
- * Gutierrez, Boem F.H. y G. Thomas. 1998. Phosphorus nutrition affects wheat response to water deficit. Agronomy Journal 90: 166-171.
- * Naville, R., C. Cerliani, G. Balboa, G. Martinez Bologna, y G. Espósito. 2015. Dosis y momento de aplicación de fósforo por zonas de manejo en maíces tardíos del sur de Cordoba pp159-164. Simposio Fertilidad 2015 “Nutriendo los suelos para las generaciones del futuro”. IPNI – Fertilizar Asociación Civil. 252pp.
- * Vázquez, M. 2002. Balance y fertilidad fosforada en suelos productivos de la región pampeana. Informaciones agronómicas del Cono Sur. Edición especial sobre el simposio “Enfoque sistémico de la fertilización fosforada”, XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Puerto Madryn- Chubut, Argentina. 16: 3-7.
- * Weiss,M.; Baret, F.; Smith, G.J.; Jonckheered, I. and Coppin,P. 2004. Review of methods for in situ leaf area index determination, part II: Estimation of LAI, errors and sampling. Agric. and For. Met., 121: 37-53.
- * Sainz Rosas, H., H.E. Echeverría, y H. Angelini, 2012. Fósforo disponible en suelos agrícolas de la Región Pampeana y Extrapampeana argentina. RIA Volumen 38- N°1.pp 33-39.