



Estación Experimental Agropecuaria Pergamino

"Ing. Agr. Walter Kugler"

UCT Agrícola Ganadero del Centro

AER 9 de Julio

Fertilización fosforada y nitrogenada en trigo, tres años de experiencia.

** Lic. Econ y Admi. Agr. Lisandro Torrens Baudrix*

** Ing. Agr. M.Sc. Luis Ventimiglia*

Marzo de 2012

El fósforo (P) y el nitrógeno (N), son dos de los 17 nutrientes considerados esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Junto al potasio (K), el azufre (S), el calcio (Ca) y el magnesio (Mg), conforman el grupo de macronutrientes por las cantidades requeridas.

La carencia de fósforo afecta en mayor medida al crecimiento y a la realización de una buena fotosíntesis. Las plantas con deficiencias de fósforo presentan menor expansión foliar y tasa de fotosíntesis por unidad de área foliar y menor tasa de emergencia de hojas por reducción de la tasa de iniciación de primordios y tasa de elongación foliar. A su vez la planta ve demorada y hasta suprime la emergencia de macollos, debido a demoras de la emergencia de hojas en el tallo principal. También presentan menor número de granos por m², por menor producción de fotoasimilados durante el período de crecimiento de la espiga, debido a la reducción en la radiación interceptada. En contraste, los contenidos de proteína y clorofila por unidad de área foliar no son muy afectados por deficiencias de P. El mayor efecto de la carencia se nota sobre el crecimiento foliar más que sobre el contenido de clorofila, lo que explica los colores verdes más oscuros observados en plantas deficientes en P.

La adecuada fertilización con fósforo esta asociada con el incremento de espigas y número de granos, reducción de la muerte invernada, mejor eficiencia en el uso del agua, acelerada madurez y baja humedad de grano a la cosecha.

El nitrógeno desempeña muchas funciones vitales en la planta de trigo. Falta de nitrógeno puede causar una reducción de la formación de espigas, como así también una reducción en el tamaño de las mismas, pobre llenado de grano y bajo contenido proteico. El trigo que carece de nitrógeno tiene un color verde pálido, las hojas inferiores se vuelven amarillentas, por lo general desde el ápice hasta la vaina y, cuando la carencia persiste, sufren necrosis.

Hoy en día, tanto la fertilización fosforada como nitrogenada en trigo, son dos prácticas adoptada por la gran mayoría de los productores del oeste de la Provincia de Buenos Aires. Esto se debe a que cada vez es mas frecuente encontrar lotes con niveles subóptimos de estos dos nutrientes, para realizar el cultivo, con altos rendimientos. A su vez la existencia de variedades en el mercado con cada vez mayores potenciales de rendimiento y con altos requerimientos nutricionales para expresar los mismos, torna imprescindible la realización de dicha practica.

Es por ello que hoy en día la decisión pasa no tanto en si se fertilizar o no, sino por cómo, con cuanto y con que se hace. Para obtener algunas respuestas a estos interrogantes, la agencia INTA 9 de Julio ha realizado una experiencia durante los últimos tres años, en las cuales se evaluó la respuesta a la fertilización fosforada y nitrogenada en el cultivo de trigo.

En cada año previo a la siembra, se realizó un análisis de suelo, para determinar las características del lote y los niveles iniciales de los dos nutrientes a evaluar, en el caso del fósforo hasta 20 cm y en el del nitrógeno hasta 60 cm. A continuación se detallan los resultados de los análisis correspondientes a cada año. Cuadro 1

Cuadro: 1 Análisis de suelo correspondientes a los tres años de experiencia.

Identificación	2009/10	2010/11	2011/12
pH	5,7	5,7	5,7
MO	3,4	2,85	2,7
Pe	5,2	3,9	3,6
N-NO ₃ 0-20 cm	19,1	15,4	4.9
20- 40 cm	4,5	9.6	4.0
40- 60 cm	2,5	5.2	2.5
S-SO ₄	11,1	9,7	–

Materia orgánica: MO: %; Fósforo asimilable: Pe: ppm; Nitrógeno de nitratos: N-NO₃: ppm; Azufre de sulfatos: S-SO₄: ppm

Fuente: laboratorio ISETA

Los lotes en los que se desarrollaron los ensayos, presentaron carencias tanto de fósforo como de nitrógeno, para afrontar un cultivo de trigo con altos rendimientos. A continuación se describen los tratamientos ensayados

Tratamientos

1. P: 0 N: 0
2. P: 0 – N: 50 kg/ha
3. P: 0 – N: 100 kg/ha
4. P: 20 kg/ha – N: 0
5. P: 20 kg/ha – N: 50 kg/ha
6. P: 20 kg/ha – N: 100 kg/ha

Durante los tres años que llevó a cabo la experiencia, los ensayos se realizaron en el establecimiento “Dos Amigos” pero en diferentes lotes, bajo el sistema de siembra directa, realizándose la fertilización fosforada en la línea de siembra y la nitrogenada en cobertura total sin incorporar. La siembra se realizó con una máquina Yomel- Hilcor de discos perforados con una densidad que varió entre 200 y 220 granos/m², dependiendo de la variedad utilizada y la fecha en la que se realizó la siembra. La fuentes de fósforo y de nitrógeno utilizadas fueron: superfosfato triple de calcio (0-46-0) y urea (46-0-0) respectivamente.

Los tratamientos para el control de malezas, insectos y hongos, fueron los requeridos de acuerdo a las condiciones que cada año presentó. La cosecha se realizó en forma mecánica, el material obtenido fue pesado, tomada su humedad y en base a eso se calculo el rendimiento por hectárea a humedad de recibo. El ensayo contempló un diseño en bloques al azar, arreglados en parcelas subdivididas con dos repeticiones. La parcela principal fue asignada a las dosis de fósforo, en tanto que la subparcela la ocuparon las dosis de nitrógeno.

Analizando estadísticamente los tres años de experiencia, si bien se obtuvieron resultados muy similares, es interesante el análisis año por año, además del análisis conjunto de los tres años.

Durante la campaña 2009/10 los dos efectos principales, fósforo y nitrógeno, fueron significativos al 1%, mientras que la interacción entre los mismo, lo fue al 10%. A continuación se detallan los test de medias para nitrógeno para los dos niveles de fósforo. Cuadro 2

Cuadro 2: Medias de nitrógeno dentro de 0 y 20 del factor fósforo, campaña 2009/10

Tratamiento	Rendimiento	
	0 kg/ha fósforo	20 kg/ha fósforo
0 kg/ha N	2185 a	2695 a
50 kg/ha N	2928 b	4061 b
100 kg/ha N	2946 b	4190 b

Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias estadística mediante el Test DMS (p <0,05)

Como se puede observar, tanto en los tratamientos fertilizados con fósforo, como en los que no lo fueron, la dosis de 50 y 100 kg/ha de nitrógeno evaluadas se diferenciaron estadísticamente del testigo, no haciéndolo entre sí. Cuando no hubo fertilización fosforada, la dosis de 50 kg/ha de N superó al testigo en 743 kg/ha, mientras que la dosis de 100 kg/ha lo hizo en 761 kg/ha. La escasa diferencia lograda entre las dosis de nitrógeno empleadas, indican que otros factores están limitando el rendimiento, no cabe duda que dentro de estos factores encontramos precisamente el bajo nivel de fósforo. Cuando se aplica fósforo, el rendimiento para la primera dosis de nitrógeno crece vertiginosamente, para luego estancarse con aportes mayores de nitrógeno. Posiblemente podría deberse a que, con la aplicación de 50 kg/ha más el nitrógeno presente en el suelo ese año (aproximadamente 52 kg/ha), alcanzó para generar los rendimientos obtenidos por los tratamientos ensayados.

Si bien el lote presentó el mayor valor de fósforo, de los tres años en que se realizaron la experiencia (5,2 ppm) el mismo era muy inferior a requerido para que este tipo de cultivo se desarrolle correctamente. Es por ello, que la adición de fósforo, permitió incrementar la producción y posiblemente hacer un uso más eficiente del nitrógeno por parte del cultivo. Esto, en parte también podría explicar la escasa diferencia que se obtuvo entre las dosis aplicadas de nitrógeno, cuando no se fertilizó con fósforo a la siembra.

En la campaña 2010/11 al igual que en la 2011/2012 los efectos de fósforo y nitrógeno fueron significativos, mientras que la interacción entre ambos no lo fue. Para el fósforo, en estas dos campañas el grado de significancia fue del 1%, mientras que para el nitrógeno fue del 5%. En el cuadro 3, se detallan las respuestas a nitrógeno y a fósforo para estas dos campañas.

Cuadro 3: Respuestas a nitrógeno y fósforo, campaña 2010/11 y 2011/12

Nitrógeno	2010/2011	Dif. Sobre testigo	2011/12	Dif. Sobre testigo
0	3.780 a		5.880 a	
50	3.988 ab	208	6.104 ab	224
100	4.288 b	508	6.717 b	837
Fósforo	2010/2011	Dif. Sobre testigo	2011/12	Dif. Sobre testigo
0	3.366 a		5.150 a	
20	4.672 b	1.306	7.318 b	2.168

Letras diferentes dentro de una misma columna y dentro de cada nutriente indican diferencias estadística mediante el Test DMS ($p < 0,05$).

Luego de analizar los tres años de experiencia en forma individual, se realizó un análisis en conjunto de los mismos. Tanto el efecto fósforo, como el efecto nitrógeno, fueron significativos en el análisis de ANOVA al 5% y 1% respectivamente, mientras que la interacción entre los mismos lo fue al 10%. Esto significa, como en el primer año de experiencia, que dependiendo del nivel de fósforo aplicado tendremos variaciones en la respuesta a la aplicación de nitrógeno y viceversa. A continuación se observan los test de medias para nitrógeno para los dos niveles de fósforo. Cuadro 4

Cuadro 2: Medias de nitrógeno dentro de 0 y 20 del factor fósforo, para los rendimientos promedios de tres años de experiencia

Tratamiento	Rendimiento	Rendimiento
	0 kg/ha fósforo	20 kg/ha fósforo
0 kg/ha N	3.512 a	4.555 a
50 kg/ha N	3.751 a	5.307 b
100 kg/ha N	3.940 a	5.776 b

Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias estadística mediante el Test DMS ($p < 0,05$)

La respuesta a la fertilización nitrogenada fue mayor, cuando se fertilizó con fósforo, que cuando no se lo hizo. Cuando no se aplicó este nutriente como fertilizante de base las respuestas a las dosis de 50 kg/ha y 100 kg/ha de nitrógeno con respecto al testigo fueron de

238 kg/ha y 427 kg/ha respectivamente, mientras que cuando sí se lo hizo, las respuestas fueron de 752 kg/ha para la dosis de 50 kg/ha y de 1.221 para la dosis de 100 kg/ha. Esto último concuerda con lo que año a año se viene observando en muchas experiencias realizadas por esta unidad, en la cuales se ve, que en suelos con carencia de fósforo, las respuestas a nitrógeno se ven limitadas si no se realiza una fertilización de base con este nutriente. En el cuadro 5, se muestran los resultados obtenidos por los tratamientos ensayados durante los tres años de experiencia.

Cuadro 5: Rendimiento en kg/ha de los tratamientos ensayados, en los tres años de experiencia.

Tratamiento	2009/10	2010/11	2011/12	Promedio
0 P 0 N	2.185	3.271	5.081	3.512
0 P 50 N	2.928	3.312	5.012	3.751
0 P 100 N	2.946	3.515	5.358	3.940
20 P 0 N	2.694	4.290	6.681	4.555
20 P 50 N	4.061	4.664	7.196	5.307
20 P 100 N	4.190	5.061	8.078	5.776

Análisis económico parcial

Analizando económicamente los rendimientos promedios obtenidos por los distintos tratamientos ensayados durante los tres años de experiencia, Cuadro 6, podemos observar que la fertilización nitrogenada por si sola, en este tipo de suelo con importantes carencias de fósforo, se torna antieconómica, dado que, como ya se dijo anteriormente, bajos niveles iniciales de fósforo afectan la eficiencia de la planta para captar los demás nutrientes. Esto posiblemente pueda deberse a que carencias de este elemento afectan al crecimiento de las plantas, lo que lleva a que estas tengan menor desarrollo radicular, por lo tanto, exploren menor cantidad de suelo y como consecuencia reduzcan la capacidad de captar mayores cantidades de nutrientes del mismo.

Cuadro 6: Análisis económico parcial, promedio de tres años

Tratamiento	Rendimiento	Diferencia	Ingreso Bruto	Costos	Beneficio de la practica
	kg/ha	kg/ha	u\$/ha	u\$/ha	u\$/ha
0 P 0 N	3.512				
0 P 50 N	3.751	239	31,1	76	-44,9
0 P 100 N	3.940	428	55,6	141,0	-85,4
20 P 0 N	4.555	1.043	135,6	77,0	58,6
20 P 50 N	5.307	1.795	233,4	153,0	80,4
20 P 100 N	5.776	2.264	294,3	218,0	76,3

Precio de la urea 650 u\$/tn

Aplicación urea: 11 u\$/ha

Precio del superfosfato triple de calcio (SPT) 720 u\$/tn

Adicional fertilización con SPT 5 u\$/ha

Precio del trigo 130 u\$/tn

Valor del dólar 4,35 \$/unidad

Luego de estos tres años de experiencia, donde la condiciones climatologías para el trigo fueron muy buenas, obteniéndose en los dos últimos años cosechas record, podemos afirmar que en los suelos de la zona es muy factible encontrar respuesta tanto a la fertilización nitrogenada y fosforada. Esto se debe, como ya se observó en los análisis de suelo presentados (Cuadro 1), a que los suelos disponen de cantidades muy inferiores de estos dos nutrientes a las requeridas por este tipo de cultivo, para la expresión de su máximo potencial. En el caso del nitrógeno, debemos agregar que, si bien la mineralización durante el ciclo del cultivo puede ir de 28 a 100 kg/ha (datos propios), dependiendo de las condiciones ambientales, cantidad de rastrojo, fauna biológica del suelo etc; este es un nutriente con alta

movilidad en el suelo, por lo que factiblemente, el nitrógeno que no fue utilizado por el cultivo, no pueda estar disponible para el cultivo venidero, causa por la cual año a año obtenemos respuestas a la aplicación de fertilizantes nitrogenados. En lo que respecta a fósforo, si bien trabajos realizados por la agencia INTA 9 de Julio indican que los suelos de la zona presentan una muy buena tasa de reposición fosfórica de la solución del suelo, esta dista mucho de ser suficiente para realizar un cultivo con altos rendimientos como los logrados en las últimas campañas. Por lo que aplicaciones de este nutriente, se traducen en un incremento en la producción.

Agradecimiento

Los Autores agradecen a los propietarios del establecimiento "Dos Amigos", Sres. Bueno y Scalice por la colaboración en la realización de los ensayos aquí presentados.