

RESPUESTA DEL CULTIVO DE TRIGO (*TRITICUM AESTIVUM*) A LA FERTILIZACIÓN CON NITRÓGENO Y AZUFRE EN MONTE MAÍZ, PROVINCIA DE CÓRDOBA

N. Loste^a, M. A. Langone^a y G. Giambastiani^{a*}

^a Cátedra de Sistemas de Producción de Cultivos Extensivos - Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba.

(*ggiamba@agro.unc.edu.ar)

RESUMEN

El nitrógeno (N) es el nutriente más relevante para la productividad del cultivo de trigo. Además, puede afectar la calidad comercial e industrial del grano debido a que incide en el peso hectolítrico (PH) y en el contenido de proteína y gluten. Por su parte, en ocasiones el azufre (S) también puede constituirse como limitante. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta del cultivo de trigo a diferentes niveles de fertilización nitrógeno-azufrada en un lote ubicado en Monte Maíz, Provincia de Córdoba. Las variables analizadas fueron rendimiento y sus componentes, PH, gluten húmedo (GH) y proteína. Se realizaron cuatro tratamientos con diferentes dosis de N y S, y un testigo sin fertilizar. Se observó un mayor rendimiento con el incremento de la dosis, asociado a un mayor número de granos por unidad de superficie. La calidad del grano, con relación al testigo sin fertilizar, mejoró con el aumento de la dosis: el PH, el contenido de proteína y el GH aumentaron de 1 a 4%, de 5 a 10% y de 2 a 6 % respectivamente. La fertilización, en el rango utilizado en este ensayo, permitió incrementar el resultado económico del cultivo debido al mayor rendimiento y mejor calidad del grano obtenido.

Palabras claves: fertilización, nitrógeno, trigo, rendimiento, calidad.

INTRODUCCIÓN

La zona sur de la Provincia de Córdoba se caracteriza por presentar problemas de erosión, pérdida de estructura superficial de los suelos, excesos de agua y presencia de napas freáticas altas. Por lo tanto, es recomendable realizar la mayor cantidad de cultivos por unidad de tiempo (intensificación agrícola), promoviendo un mayor uso del agua edáfica. En este sentido, el cultivo de trigo representa un aporte a la sustentabilidad agrícola, ya que no sólo contribuye a la estructuración del suelo, sino que además permite un mayor aprovechamiento del agua disponible. Este uso más intenso del suelo ha acrecentado la respuesta positiva a la fertilización con N (Falotico *et al.*, 1999).

El trigo es el insumo clave para la industria harinera, por ello es fundamental lograr una adecuada calidad panadera de los granos. Esta es la resultante de la interacción de diversos factores, entre los cuales la adecuada nutrición mineral es fundamental tanto PH como el contenido de proteína son parámetros fundamentales en las normas de calidad de trigo pan, que inciden sobre el precio del producto de acuerdo a los descuentos y bonificaciones que resulten de su análisis.

Si bien el N es considerado el principal nutriente en los planes de fertilización, con frecuencia se ha observado un aporte del S a la productividad del cultivo, tanto de manera directa como residual después de soja de segunda (Ferraris *et al.*, 2015). Ambos nutrientes son los que con mayor frecuencia condicionan la obtención de

contenidos adecuados de GH y de proteína en los granos de trigo (Falotico *et al.*, 1999), además de favorecer el aumento del PH (Pagnan *et al.*, 2014).

Pagnan *et al.* (2014) en Justiniano Posse, provincia de Córdoba, determinaron que el incremento en la disponibilidad de N a la siembra produjo aumentos significativos de rendimiento y un mayor PH y contenido de proteína. Calvo *et al.* (2006) obtuvieron respuesta positiva del rendimiento y del contenido de proteína a la fertilización con N y S tanto en macollaje como en hoja bandera. En Balcarce, Falotico *et al.* (1999) obtuvieron aumentos en el rendimiento y el contenido de proteína con la aplicación dividida de urea al voleo antes de la siembra y en el estado Zadoks 3.0.

En la región triguera II Norte, en la cual se encuentra Monte Maíz, la fertilización nitrogenada al trigo en macollaje es una práctica habitual, ya sea en formulaciones líquidas (UAN) o granuladas (UREA), con dosis que en promedio rondan los 55kg/ha de N.

El objetivo del trabajo fue evaluar la respuesta en rendimiento y calidad de grano del cultivo de trigo a la fertilización con N y S con dosis en un rango cuyo punto medio es la dosis habitual utilizada en la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo estuvo ubicado a 10 kilómetros de la localidad de Monte Maíz (Córdoba), en un lote con soja como cultivo antecesor. Se trabajó en condiciones de secano. La siembra se realizó el 17/07/17 con la variedad Fuste,

grupo de calidad 2. La densidad de siembra fue de 140 kg/ha y la sembradora una Agrometal MSX de 39 hileras a 17,5 cm de distancia entre ellas. El lote se fertilizó con 120 kg/ha de superfosfato triple (SPT) (0 – 46 – 0), equivalente a 24 kg/ha de fósforo (P).

El diseño experimental fue completamente aleatorizado (DCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones, completando un total de 12 unidades experimentales. Cada unidad experimental tuvo 25 m de ancho y 100 m de largo. Los tratamientos fueron cuatro dosis de fertilizante Solmix: 0 (testigo), 100 (D100), 150 (D150) y 200 (D200) litros, equivalentes a 0, 37, 55 y 74 kg/ha de N y 7,10 y 14 kg/ha de S, respectivamente.

La fertilización se realizó en estado fenológico Z1.4, Z2.2 el día 24/08/17, con una pulverizadora autopropulsada MetalFort “múltiple 2800”. Se tomaron muestras de suelo para conocer el contenido de MO, N, P y S que este presentaba.

Se realizaron dos aplicaciones de fungicidas durante el ciclo.

La cosecha se realizó manualmente el 5/12/17. El material cosechado se secó en cámara a 60°C durante 3 días. Posteriormente se realizó la trilla y determinó el rendimiento pesando los granos. El peso medio de granos (PMG) se obtuvo a partir de pesar muestras de 100 granos. Con los datos de rendimiento, número de espigas por metro cuadrado (NE) y PMG, se obtuvo el número de granos por espiga (NGE) despejando de la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento (g * m}^{-2}\text{)} = \text{NE (m}^{-2}\text{)} * \text{NGE} * \text{PMG(g)}$$

El rendimiento y PMG se ajustó a humedad comercial del 14%. El NG por metro cuadrado se obtuvo del producto entre NE y NGE.

Las muestras de granos fueron analizadas en el laboratorio de Química Biológica de la FCA UNC y en el laboratorio de la Cooperativa Agrícola de Monte Maíz Ltda. La determinación de GH y proteína se realizó con un analizador de granos (Infratec™ 1241). Los datos climáticos fueron obtenidos de la Bolsa de Cereales de Córdoba (2017).

Se analizó el ingreso bruto marginal (IBmg), el costo marginal (Cmg) y el margen bruto marginal (MBmg) de los tratamientos fertilizados. Los datos necesarios para el análisis económico fueron tomados de la publicación periódica Márgenes Agropecuarias de marzo de 2018. Los datos fueron procesados con el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura media del aire durante el ensayo fue superior en 0,1 °C al promedio histórico (15,3 °C). Las precipitaciones registradas en el período julio-noviembre 2017 fueron inferiores en 16 mm con respecto al promedio histórico de 282 mm. Sin embargo, el cultivo contó con el aporte de la napa freática ubicada a 1,8 m de profundidad, por lo que la disponibilidad de agua no habría limitado el rendimiento del cultivo. En la tabla N° 1 se muestran los valores de MO, pH, P extractable, S-SO₄, N total y N-NO₃ del análisis de suelo. En la Tabla 2 se encuentran los valores calculados de N actual, N mineralizado, N del fertilizante y N disponible durante el ciclo en cada tratamiento.

Hubo respuesta positiva y significativa del rendimiento a la fertilización en los tratamientos D150 y D200 (Tabla 3) siendo las diferencias con relación al Testigo de 18 y 33 %, respectivamente. Pagnan *et al.* (2014), Calvo *et al.* (2006), Falotico *et al.* (1999), Echeverría y Studdert (1998) y Bainotti *et al.* (2017) obtuvieron resultados que están en línea con los reportados en el presente trabajo.

Tabla 1: Resultados del análisis de suelo

Profundidad (cm)	Materia Orgánica (%)	pH (en agua 1:2,5)	N total (%)	Fosforo (ppm)	S-SO ₄ ⁻² (ppm)	N-NO ₃ ⁻ (ppm)	N-NO ₃ ⁻ (Kg ha ⁻¹)
0-20	2,64	6,1	0,143	15,0	3,3	15,0	37,5
20-40						12,0	30
40-60						10,0	25

Tabla 2: Disponibilidad de N en los diferentes tratamientos.

Tratamientos	N actual (Kg ha ⁻¹)	N mineralizado (Kg ha ⁻¹)	N del fertilizante (Kg ha ⁻¹)	N disponible (Kg ha ⁻¹)
Testigo	55,5	52,8	-	108,3
D100	55,5	52,8	37	145,3
D150	55,5	52,8	55	163,3
D200	55,5	52,8	74	182,3

Tabla 3: Rendimiento y sus componentes

Tratamientos	Rendimiento (g/m ²)	Numero de granos (m ²)	Peso medio de granos (mg)	Numero de espigas (m ²)	Numero de granos por espiga
Testigo	649,42 a	16.864 a	37,72 a	544 a	31 a
D100	697,55 a	18.676 a	36,84 a	644 b	29 a
D150	768,15 b	20.300 b	36,96 a	700 c	29 a
D200	862,25 b	23.064 b	37,22 a	744 c	31 a

En cada columna, letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

Los componentes de rendimiento NE y NG aumentaron significativamente con el incremento en la dosis de fertilizante, a diferencia de PMG y NGE que no mostraron variación (tabla 3).

El PH, variable de calidad industrial relacionada al rendimiento en harina, fue significativamente superior en los tratamientos fertilizados mostrando una tendencia creciente con la dosis de fertilizante (Tabla 4). Esto coincidió con lo obtenido por Pagnan *et al.* (2014).

Los tratamientos D200 y D150 tuvieron los mayores contenidos de proteína y no hubo diferencias significativas entre el Testigo y D100 (Tabla 4). Sin embargo, en todos los tratamientos los valores de proteína fueron bajos en relación a la base de 11% para el cálculo de bonificaciones y rebajas en el precio según las normas de Trigo Pan, pero cercanos al rango obtenido en esa zona (9-10%) en la campaña 2017. En función de la Resolución 1262/2004 en todos los tratamientos se deberían aplicar descuentos en el precio superiores al 4% por su bajo contenido de proteínas.

Los tratamientos fertilizados presentaron un significativamente mayor GH respecto al Testigo. No

obstante, los valores obtenidos fueron bajos debido al bajo contenido de proteínas ya que el 80% de estas forman parte del gluten. En la campaña triguera 2017 el promedio de GH en el Dto. Marcos Juárez fue de alrededor de 20%, valor muy cercano al obtenido en este ensayo (Tabla 4).

Los rendimientos obtenidos se pudieron explicar principalmente por el componente NG, no así por el PMG (Tabla 5). Hubo una alta y significativa correlación entre NG y rendimiento ($r = 0,99$). El PMG por el contrario no expresó correlación con el rendimiento. Esto coincide con lo reportado por Echeverría y Studdert (1998). El NG es la resultante del producto entre los subcomponentes NE y NGE. La correlación entre NG y NE fue alta y significativa en tanto entre NG y NGE fue baja y no significativa. Claramente se observa que la variable NE es la que explica las diferencias en NG, indicativo de que una mayor disponibilidad de N afectó positivamente la proporción de macollos fértiles.

El PH se correlacionó de manera positiva ($r = 0,91$) y significativa con el rendimiento (Tabla 5). El trigo fertilizado, independientemente de la dosis, se clasificó como Grado 1 de acuerdo a su PH. El Testigo quedó como Grado 2. Esto tiene implicancias económicas ya

Tabla 4: Variables de calidad de granos

Tratamientos	Peso Hectolítico (kg/hl)	Gluten Húmedo (%)	Proteína %
Testigo	78,36 a	18,07 a	8,3 a
D100	79,47 b	19,00 b	8,5 a
D150	80,05 b	19,73 b	8,7 b
D200	81,63 c	19,87 b	8,8 b

En cada columna, letras iguales no muestran diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$).

Tabla 5: Correlaciones entre las variables analizadas

	RENDIMIE NTO	NG	NE	NGE	PMG	PH	PROTEIN A	GH
RENDIMIE NTO	1	**	**			**	**	*
NG	0,99	1	**			**	**	*
NE	0,83	0,86	1			**	**	**
NGE	0,48	0,44	-0,07	1				
PMG	0,08	-0,06	-0,25	0,30	1			
PH	0,91	0,93	0,85	0,35	-0,10	1	**	**
PROTEIN A	0,80	0,83	0,86	0,16	-0,24	0,87	1	**
GH	0,67	0,73	0,85	-0,01	-0,39	0,79	0,97	1

(*) $0,01 < p < 0,05$; (**) $p < 0,01$.

Tabla 6: Análisis económico en cada tratamiento

Tratamientos	Grado (%)		Proteína (%)		Precio de liquidación (\$/qq)	Diferencia de Rendimiento (qq/ha)	Ingreso Bruto Marginal (\$/ha)	Costo Marginal (\$/ha)	Margen Bruto Marginal (\$/ha)
	Bon.	Des.	Bon.	Des.					
D100	1,5			7	264,60	4,8	1.270	1.078	192
D150	1,5			6,2	266,84	11,9	3.175	1.552	1.623
D200	1,5			5,8	267,96	21,3	5.708	2.026	3.682

Bon.: Bonificación sobre el precio. Des.: Descuento sobre el precio.

que el Grado 1 tiene una bonificación en el precio del 1,5%, mientras que el Testigo por ser Grado 2 no tiene bonificaciones.

La correlación entre proteína y rendimiento fue positiva ($r = 0,80$). Estos resultados coinciden con los reportados por Pagnan *et al.* (2014), Calvo *et al.* (2006), Echeverría y Studdert (1998) y Bainotti *et al.* (2017). De igual manera, el GH se correlacionó de forma positiva y significativa con el rendimiento ($r = 0,67$).

En la Figura 1 se puede observar la relación entre rendimiento y proteína en función de la disponibilidad de N de cada tratamiento de fertilización. Los buenos rendimientos alcanzados con la fertilización, fueron acompañados de crecientes aunque bajos contenidos de proteína, lo que indica que el cultivo sufrió limitación

en la disponibilidad de N en la fase de llenado de granos, pero no en la fase reproductiva, en la cual se genera el principal componente de rendimiento, el NG. En este ensayo, aun con la mayor dosis de fertilizante, no se cubrieron los requerimientos del cultivo para obtener valores adecuados de proteína.

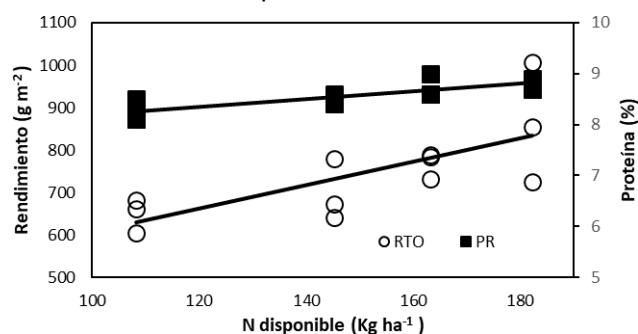


Figura 1: Rendimiento y Proteína en función del Nitrógeno disponible.

En la Tabla 6 se observan los resultados del IBmg, el Cmg y el MBmg en los diferentes tratamientos. Claramente se observa la ventaja económica de fertilizar el cultivo de trigo en el rango de dosis utilizadas en este experimento y con la relación de precios de insumos y productos vigente en esa campaña en particular. El aumento en el costo por dosis crecientes fue superado por el aumento en el ingreso debido a dos factores: por un lado, un mayor rendimiento, y por otro, una mayor calidad. Esto último dado por un cambio en el grado (pasó de grado 2 a grado 1), lo que mejoró el precio en 1,5%, y un mayor contenido de proteínas que por su bajo valor repercutió en menores descuentos en el precio.

CONCLUSIONES

El rango de rendimientos obtenidos en este ensayo fue alto y acorde a la oferta de agua en esta campaña. La utilización de dosis creciente de fertilizante (N+S) permitió obtener rendimientos mayores al testigo sin fertilizar. El rendimiento se explicó principalmente por el componente NG y por su subcomponente NE.

La fertilización permitió mejorar variables de calidad como PH, GH y proteína. Sin embargo, los niveles de proteína y GH obtenidos fueron bajos, indicativo de que aún con la dosis más alta, el aporte del fertilizante no fue suficiente para abastecer los requerimientos del cultivo de trigo en su totalidad. La fertilización permitió mejorar el resultado económico del cultivo por un mayor MBmg con el aumento de la dosis en el rango utilizado en este ensayo.

En esta situación en particular, la dosis comúnmente utilizada por los productores de trigo de la zona de Monte Maíz (55 kg/ha de N) no permitió abastecer la necesidad del cultivo de trigo para la obtención de adecuados valores de proteína y GH.

AGRADECIMIENTOS

A la familia Langone y en especial al señor Ariel Langone y al Ing. Agr. Leandro Langone, quienes colaboraron para la ejecución del ensayo. Al laboratorio de Química Biológica de la FCA UNC y a la Cooperativa Agrícola de Monte Maíz Ltda. por los análisis de calidad de los granos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bainotti C., Frascina J., Salines J., Donaire G., Alberione E., Gómez D., Salines N., Conde B., Cuniberti M., Mir L., Reartes F., Paolini H. y Arce L. 2017. Informe de

Actualización Técnica en línea N° 7. Recuperado de https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_trigo_actualizacion2017.pdf#page=26 (26 de Septiembre de 2017, 15:00 hs).

Bolsa de Cereales de Córdoba. 2017. Anuario Meteorológico 2017. Recuperado de <http://www.bccba.com.ar/dia/informes-agroclimaticos-137.html> (02 de Febrero de 2018, 16:00 hs).

Calvo R. N., Echeverría H., Barbieri P. y Rozas S. H. 2006. Nitrógeno y azufre en trigo: ¿Rendimiento y proteína? Recuperado de [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/4689D0DC7771AC5385257995007A4806/\\$FILE/2.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/4689D0DC7771AC5385257995007A4806/$FILE/2.pdf) (29 de Enero de 2018, 16:30 hs).

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M. y Robledo C.W. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>

Echeverría, H. y Studdert G. 1998. El contenido de nitrógeno en la hoja bandera de trigo como predictivo del incremento de proteína en grano por aplicaciones de nitrógeno en espigazón. Recuperado de revista.agro.unlp.edu.ar/index.php/revagro/article/view/235 (09 de Enero de 2018, 14:00 hs).

Falotico J., Studdert G. y Echeverría H. E. 1999. Nutrición nitrogenada del trigo bajo siembra directa y labranza convencional en condiciones de agricultura continua. Recuperado de http://suelos.org.ar/publicaciones/vol_17n2/falotico_9-20.pdf (04 de Enero de 2018, 10:00 hs).

Ferraris G. N., Mousegne F. J. y Urrutia J. 2015. Respuesta aditiva a la fertilización con nitrógeno, azufre y zinc en trigo. Recuperado de <http://horizonteadigital.com/investigacion/ha68/6-12.pdf> (04 de Enero de 2018, 12:30 hs).

Márgenes Agropecuarios. 2018. Año 33, N° 391, pp 52, Enero de 2018.

Pagnan L., Errasquin L., Alladio R., Saavedra A., Pesaola G. y Bruno J. 2014. Evaluación de dosis crecientes de nitrógeno sobre el rendimiento y calidad comercial de los cultivares de trigo en el sudeste de Córdoba. Recuperado de https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_trigo_nitrogeno_14.pdf (06 de Enero de 2018, 17:00 hs).