

Estudio de abonos nitrogenados sobre un trigo en siembra directa

En algunos casos la aplicación de N en cobertera ha aumentado la producción un 78%

El objetivo del presente estudio es el de comparar la eficacia productiva y económica de cinco diferentes abonos nitrogenados y sus efectos en cultivos en siembra directa, de manera que este aspecto de la explotación no sea limitante para el desarrollo de las técnicas de manejo conservacionistas.

R. Ordóñez¹, P. González¹, F. Perea^{2,3} y R. Carbonell¹.

¹ Área de Producción Ecológica y Recursos Naturales. IFAPA. CIFA Alameda del Obispo. Apdo. 3092. 14080-Córdoba.

² Estación Experimental de Tomejil. IFAPA. Carmona (Sevilla).

³ Departamento de Ciencias Agroforestales. Universidad de Sevilla.

La fertilización constituye una de las herramientas de manejo del empresario agrícola que afectan más directamente al coste y a la rentabilidad de la producción; no obstante, el éxito de esta práctica está ligado a factores edáficos, climáticos y de manejo de suelo.

El ajuste de la fertilización en sistemas de siembra directa es uno de los aspectos agronómicos que preocupa a técnicos y agricultores. Y más aún cuando se trata de nitrógeno, nutriente asociado a la materia orgánica, cuya dinámica cambia en ambientes estabilizados por la siembra directa (González y Ordóñez, 1997).

El nitrógeno es fundamental para el desarrollo de los cereales, de los que aproximadamente unas 559.000 ha en Andalucía se dedican a la producción de trigo. Un adecuado aporte de nitrógeno eleva el contenido de proteínas, el valor nutritivo del grano y mejora el grado de panificación. Sin embargo, un exceso de este elemento es perjudicial ya que aumenta el riesgo de encamado. Por otra parte, el aprovechamiento de los aportes nitrogenados por parte de las plantas depende de los factores arriba mencionados, además de otros agronómicos tales como el cultivar empleado y la forma de llevar a cabo la distribución de los fertilizantes (Malhi *et al.*, 2001).

El nitrógeno es el nutriente de más difícil manejo, ya que tanto en forma de urea como de nitrato es muy susceptible de perderse por lavado a capas del suelo no alcanzables por las raíces y por tanto no aprovechables (Wild, 1992). La única for-

Finca Tomejil, ubicada en Carmona (Sevilla).



ma no lixiviable es el amonio, pero presenta el inconveniente de pasar en solución rápidamente (dos a siete días) a nitrato. Por otro lado, gran parte del nitrógeno aportado por el abonado no se recupera con la cosecha debido principalmente, como se ha indicado, a las pérdidas por lixiviación, aunque también se pueden producir otras importantes por volatilización y por fijación del amoníaco en el suelo. La solución a dichas pérdidas radica en el aporte de menores cantidades de fertilizantes con mayor frecuencia o en el empleo de nuevas fórmulas que han salido últimamente al mercado.

Entre esta nueva generación de fertilizantes están los que incorporan a su fórmula inhibidores de la nitrificación. Numerosos ensayos de investigación muestran la capacidad de este tipo de moléculas para reducir la contaminación de las aguas por nitratos, así como para simplificar las prácticas de fertilización (Zerulla *et al.*, 2000; Linzmeier *et al.*, 2001). La incorporación de estos compuestos al abonado de los cultivos origina que con formas amoniacaes o ureicas el N permanezca en el suelo en su forma de NH_4^+ durante un cierto período de tiempo, con lo cual el cultivo dispone de una fuente de nitrógeno durante un plazo más amplio, sin excesos ni deficiencias.

La dificultad de incorporar los fertilizantes en suelos bajo sistemas de agricultura de conservación queda salvada con la técnica de fertilización en línea de cultivo, posible gracias a los microgránulos de fertilizante, que permiten sembrar y abonar, aplicar e incorporar a la vez en la misma línea de siembra.

Por otra parte, el efecto del N en los llamados fertilizantes "iniciadores" es fundamental por elevar los niveles de N disponibles iniciales, bajos de por sí en siembra directa, y porque el efecto del N acompañante, constituyente del fosfato diamónico de los fertilizantes mezclas, conduce a una mejor absorción del fósforo. Este efecto ha sido atribuido al poder acidificante del amonio que aumenta la solubilidad del fosfato dicálcico de la zona de la rizosfera (Mc Gonigle *et al.*, 1993). El N en estas mezclas usadas en siembra directa (SD) ha explicado muchas veces la respuesta a los fertilizantes antes que el P (Ritchie *et al.*, 1995).

El inconveniente de estos fertilizantes, más adecuados a las nuevas exigencias medioambientales, radica en que su precio es mayor que el de los convencionales. El objetivo del presente estudio es el de comparar la eficacia productiva y económica de estos abonos y sus efectos en cultivos en siembra directa de manera que este aspecto de la explotación no sea limitante para el desarrollo de las técnicas de manejo conservacionistas.

Material y métodos

El experimento se localizó en la finca experimental Tomejil, situada en la Vega de Carmona (37° 24' 07" latitud Norte y 05° 35' 10" longitud Oeste), representativa de la zona cerealista de los secanos del Valle del Guadalquivir.

El suelo es arcilloso (contenido de arcilla superior al 60%), clasificado como *Chromic Haploxerert* según el *Soil Taxonomy* (1999). Son suelos de buena fertilidad natural con altas concentraciones de potasio y calcio, cantidades adecuadas de fósforo y con pH que tiende hacia la neutralidad, lo que les confiere un alto potencial para la actividad agrícola (Giráldez y González, 1994). La precipitación media anual oscila entre 400 y 600 mm, con una gran irregularidad inter e intra anual, lo que unido a las altas temperaturas registradas durante el verano,



Parcela de ensayo de fertilización nitrogenada en siembra directa en trigo.



Vista de las parcelas de los ensayos con distintos tipos de abono en trigo en siembra directa. Se puede apreciar el rastrojo entre el cultivo.

dificulta su explotación agrícola. En el año del ensayo la lluvia acumulada fue de 573 mm, correspondiendo la máxima pluviometría a los meses de octubre y febrero, con precipitaciones que suponen un 42% del total.

En la campaña 2003-04 se sembró un trigo blando de la variedad Galeón sobre parcelas de 12 x 5 m². El ensayo consistió en la aplicación a la siembra de cinco tipos de abono nitrogenado en las cantidades recomendadas por los productores para esta clase de cultivo. Dos incorporados –fosfato diamónico (1) y abono microgranulado (2)– y tres a voleo –urea (3), nitrato amónico con inhibidor de la nitrificación (4) y solución del 32 (5)–. Las parcelas experimentales, con cuatro repeticiones en bloques al azar por tratamiento, se dividieron por la mitad y en una de estas partes se aplicó abono de cobertera con 50 unidades de N ha⁻¹ en forma de urea. Las características del ensayo se reflejan en el **cuadro I**.

Una vez concluida la campaña, se estimó la producción de biomasa y grano, así como los índices de calidad de la cosecha.

Los métodos seguidos para la estimación de nitrógeno, fósforo y potasio en grano y paja son los descritos en Sparks *et al.* (1996). La comparación de medias entre tratamientos se realizó mediante la prueba de Tukey.

Resultados y discusión

Producción y calidad de paja y grano

Los cuadros II y III reflejan la cosecha de paja y grano y el valor nutricional de este último. Como puede apreciarse, no existen diferencias significativas entre tratamientos de abonado a la siembra para ninguno de los parámetros evaluados, observándose las mayores producciones de biomasa y grano en el trigo fertilizado con urea y el mayor porcentaje de proteína en el tratado con fosfato diamónico.

Al igual que ocurriera en el caso anterior, no se aprecian diferencias significativas en los índices de producción y calidad del trigo al que se le aplicaron cincuenta unidades de nitrógeno en cobertera (cuadro II). En este caso, las mayores cosechas se aprecian en los abonos aplicados a voleo, con el valor más alto en el trigo tratado con la solución del 32 que produce 1.000 y 700 kg más de grano y paja, respectivamente, en relación al de menor producción, que ha sido el abonado con fosfato diamónico.

Desde un punto de vista medioambiental, por los problemas de contaminación que un empleo excesivo de abono nitrogenado genera en zonas cerealistas, la mayoría de ellas situadas en áreas vulnerables a la contaminación de acuíferos (Ordóñez *et al.*, 1997), el tratamiento más eficiente ha sido el del abono microgranulado, en el que por cada kg de nitrógeno aplicado se han producido 511 kg de grano y 525 kg de paja. Estos datos contrastan con los del fertilizante menos eficiente, que ha sido el del inhibidor de la nitrificación con cifras de 38 y 45

CUADRO I. DOSIS DE NITRÓGENO Y ÉPOCAS DE APLICACIÓN.

Tratamientos	kg de N/ha aplicados	
	Siembra	Cobertera
Fosfato diamónico	22,5	50,0
Microgranulado	4,0	50,0
Urea	50,0	50,0
Inhibidor	50,0	50,0
Solución N 32	50,0	50,0

CUADRO II. PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL TRIGO SIN ABONADO DE COBERTERA.

Tratamiento	Biomasa paja	Biomasa grano	N	P	K	Peso específico
	(kg/ha)	(kg/ha)	%	%	%	(kg/HI)
1	2.376 a	1.671 a	1,81 a	0,06 a	0,58 a	84,9 a
2	2.098 a	2.046 a	1,78 a	0,08 a	0,57 a	85,2 a
3	2.462 a	2.266 a	1,64 a	0,08 a	0,57 a	85,2 a
4	2.252 a	1.923 a	1,68 a	0,07 a	0,57 a	86,4 a
5	2.210 a	2.141 a	1,67 a	0,07 a	0,58 a	85,2 a

CUADRO III. PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL TRIGO CON ABONADO DE COBERTERA.

Tratamiento	Biomasa paja	Biomasa grano	N	P	K	Peso específico
	(kg/ha)	(kg/ha)	%	%	%	(kg/HI)
1	2.060 a	2.820 a	1,79 a	0,08 a	0,54 a	86,8
2	2.250 a	3.188 a	1,83 a	0,09 a	0,53 a	86,4 a
3	2.671 a	3.797 a	1,72 a	0,08 a	0,54 a	85,7 a
4	2.487 a	3.421 a	1,85 a	0,08 a	0,53 a	85,1 a
5	2.731 a	3.806 a	1,67 a	0,08 a	0,51 a	85,7 a

FIGURA 1.

Comparación de la producción de grano de trigo con y sin abono de cobertera para los distintos tratamientos considerados.

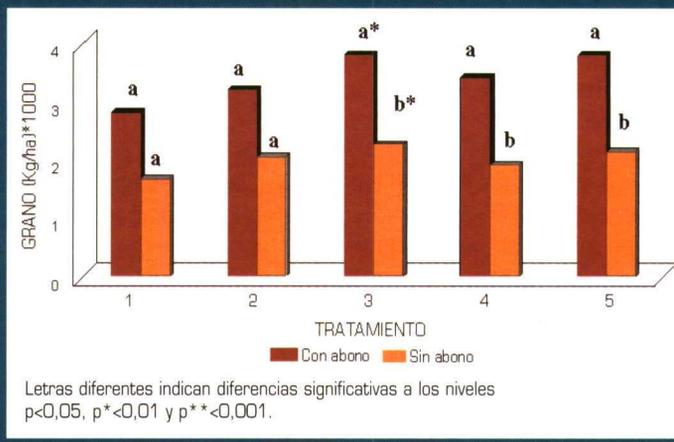
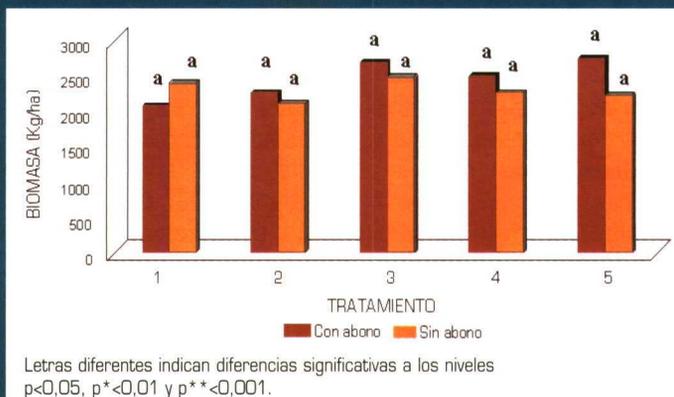


FIGURA 2.

Comparación de la producción de biomasa de paja con y sin abono de cobertera para los distintos tratamientos considerados.



kg de grano y biomasa, respectivamente, por kg de N.

Las figuras 1 y 2 representan la comparación en la producción de grano y biomasa de los trigos con y sin abonado de cobertera. En la figura 1 se puede apreciar cómo la aplicación de cincuenta unidades de nitrógeno en el ahijado ha determinado incrementos en la cosecha de grano, con diferencias significativas en los tres abonos aplicados a voleo. Las diferencias son máximas en los tratamientos 4 y 5 con incrementos de producción del 78% con respecto al trigo sólo fertilizado a la siembra. El efecto de la cuantía del fertilizante aplicado no se ha hecho sentir en la producción de paja (figura 2), que no presenta diferencias significativas en ninguno de los tratamientos considerados en el estudio.

Índice de cosecha de carbono

Se ha estimado el índice de cosecha de carbono (IcC), entendiendo como tal el cociente entre el grano producido y la biomasa de paja. Este parámetro tiene especial significación en

los sistemas de siembra directa en los que el rastrojo se deja en la superficie del suelo como protección del mismo. Los resultados expuestos en la **figura 3** indican cómo la disponibilidad temprana de N con el abono aplicado a la siembra influye sobre todo en la nascencia de la planta y en la generación de materia seca, con IcC por debajo de 1 en todos los casos, lo que indica mayor producción de paja que de grano. El N aplicado en el ahijado mejora el llenado del grano y, consecuentemente, aumenta su producción. En este segundo caso, el IcC está por encima de la unidad en todos los tratamientos, siendo los más favorables el abono microgranulado y la urea, con valores de 1,420 kg de grano por kg de biomasa producida.

Costes derivados del abonado

Suponiendo que todas las operaciones realizadas en el ensayo tengan el mismo coste para los diferentes tratamientos, se ha realizado un estudio económico sobre el beneficio de la explotación y los gastos imputables al fertilizante. El **cuadro IV** resume el estudio de costes de las diferentes estrategias y la **figura 4** la diferencia entre ingresos y costes con y sin abono de cobertera. En ella se puede apreciar cómo los mayores beneficios se obtienen con la urea y la solución del 32, tanto si estos

FIGURA 3.

Efecto comparativo del abonado de cobertera sobre el índice de cosecha de carbono para los distintos fertilizantes ensayados.

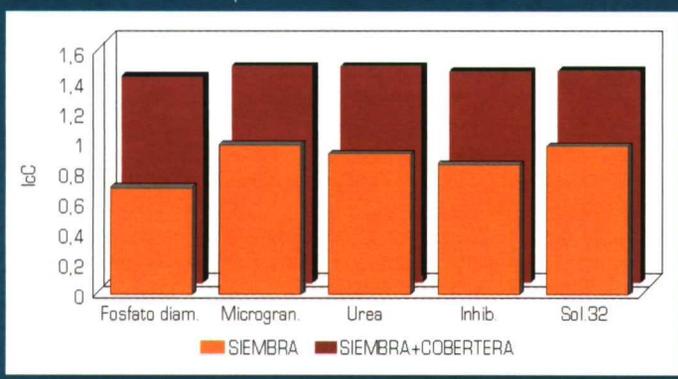
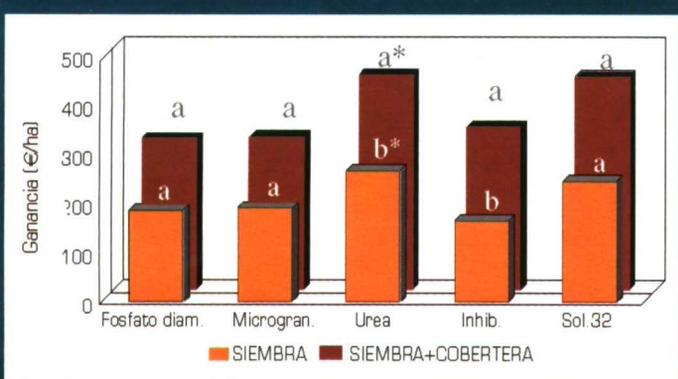


FIGURA 4.

Diferencias entre el valor del grano y el valor de los fertilizantes en €/ha con y sin abonado de cobertera.



Rotocultivadores y Trituradoras



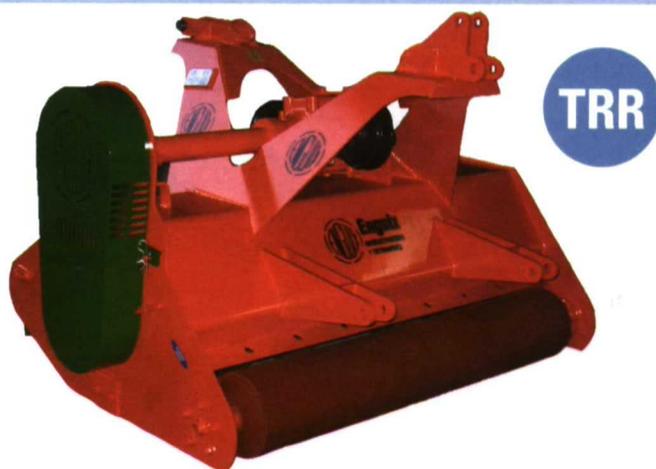
TRV

TRITURADORAS



TRO

PROFESIONALES



TRR



Ensayos de tipo de abono en trigo en siembra directa. Vista de los diferentes tratamientos.

abonos se aplican sólo a la siembra como si además se añade otra dosis de fertilizante nitrogenado en el ahijado.

La adición de cincuenta unidades de N en forma de urea en cobertera, que determina un aumento en la cosecha de grano, no supone un gasto excesivo y sin embargo incrementa la rentabilidad para el agricultor entre un 39 y un 50% según el tratamiento, tal y como puede apreciarse en la **figura 4**.

Conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos, no se puede afirmar que un abono sea más favorable que otro desde el punto de vista de la producción, aunque se observan tendencias más favorables a los abonos aplicados a voleo que presentan mejores producciones de grano y biomasa.

Independientemente del tipo de abono a la siembra, la aplicación de 50 kg de N en el ahijado ha incrementado la producción de grano. Los mejores resultados se obtienen en el trigo fertilizado con la solución del 32%, urea y el nitrato amónico que lleva incorporado un inhibidor de la nitrificación, que han aumentado su cosecha en un 78%. Los índices de calidad no se alteran con la cuantía del fertilizante.

El estudio pone de manifiesto la menor rentabilidad de los abonos de nueva generación, más respetuosos con el medio ambiente pero con un coste sensiblemente mayor que los convencionales, que determina reducciones del beneficio económico de la explotación.

CUADRO IV. ESTUDIO DE COSTES DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN LA EXPERIENCIA.

Tratamiento	SIEMBRA		SIEMBRA+COBERTERA		
	Valor grano	Valor fertilizante	Valor grano	Valor fertilizante	
		€/ha		€/ha	
Fosfato diamónico	308,9	30	366,6	57	
Microgranulado	272,8	74	414,5	101	
Urea	320,1	27	493,7	54	
Inhibidor	292,8	85	444,8	112	
Sol. 32	287,3	31,2	494,8	58,2	

En años hidrológicamente favorables, el nitrógeno aportado en el ahijado es aprovechado por la planta para incrementar la producción de grano y su coste es rentabilizado por el agricultor. En años secos, en los que la cosecha se ve restringida, se desaconseja la aplicación del fertilizante en cobertera. Este nitrógeno, no aprovechado por el cultivo, permanecerá en el suelo y será lavado en las lluvias otoñales a horizontes no accesibles para las raíces, suponiendo tanto una pérdida ambiental como económica para el agricultor.

En las condiciones de nuestro estudio y puesto que la urea no puede aplicarse en Andalucía de fondo o sementera a no ser que se entierre (Orden de 27 de junio de 2001), esta operación es incompatible con la siembra directa. La mayor rentabilidad productiva y económica se obtiene con el aporte de cincuenta unidades de N a la siembra en forma de solución del 32 y cincuenta unidades de N en el

ahijado en forma de urea. ■

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo recibido del Ministerio de Ciencia y Tecnología mediante el proyecto nacional AGL 2002-04283.

Bibliografía

- Giráldez, J.V. y González, P., 1994. No tillage in heavy clay soils under mediterranean climate: physical aspects. In: Proceedings of the Workshop. Giessen, Germany Vol.: 111-117p.
- González, P y Ordóñez, R., 1997. La fertilización en el laboreo de conservación. En: García, L. y González, P (eds.) Agricultura de Conservación: Fundamentos agronómicos, medioambientales y económicos. AEAC/SV, 77-100.
- Linzmeier, W., Gutser, R. y Schmidhalter, U., 2001. Nitrous oxide emission from soils and from nitrogen-15-labelled fertilizer with the new nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP). Biol. Fertil. Soils 24, 103-108.
- Malhi, S.S., Grant, C.A., Jhonston, A.M. y Gill, K.S., 2001. Nitrogen fertilization management for no-till cereal production in the Canadian Great Plains: a review. Soil Till. Res., 60:101-122.
- Mc Gonigle, T.P y Miller, M.H., 1993. Micorrhizal development and phosphorus absorption in maize under conventional and reduced tillage. Soil Sci. Soc. Am. J., 57: 1002-1006.
- Ordóñez, R., González, P y Giráldez, J.V., 1997. Deterioro de la calidad nitríca de los acuíferos de una cuenca agrícola en el Valle del Guadalquivir. XV Congreso Nacional de Riegos. 25-27 junio. Lleida.
- Ritchie, K.B., Hoef, R.G., Nfziger, E.D., Gonzini, L.C. y Warren, J.J., 1995. Nutrient management and starter fertilizer for no-till corn. En: Potash and Phosphate Institute (ed.) 25th North Central Ext. Industry Soil Fertility Conference. Proceedings. Nov. 15-16. Sy Louis, MO. Pp. 54-80.
- Soil Taxonomy, 1999. A basic system of soil classification for making and interpreting soil survey. 2da ed. Washington USDA. Natural resources Conservation Service. Pp. 815-816.
- Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.M., Sottanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Jhonston, C.I. y Summer, M.E., 1996. Methods of soils analysis, part 3thrd, chemical methods, Am. Soc. of Agron., Madison.
- Wild, A., 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Ed. Mundi-Prensa, 1045 pp.
- Zerulla, W., Kummer, K.F., Wissemeyer, A.H. y Rädle, M., 2000. The development and testing of a new nitrification inhibitor. International Fertiliser Society Meeting. November 2000. London.