

EN EL VALLE DEL EBRO UN 50% DE LOS AGRICULTORES INCORPORAN LOS RESTOS AL SUELO Y EL OTRO 50% LOS EXPORTA

El manejo de los residuos de maíz y sus efectos en la producción y calidad del suelo

Desde hace un tiempo se está produciendo una mayor demanda de los residuos de maíz para ser utilizado como biocombustible o para forraje. El presente estudio, en el que se entierran o exportan los residuos de cosecha al mismo tiempo que se aplican diferentes cantidades de abonado nitrogenado, pretende ayudar a responder a este interés, aportando información al respecto.

A. Biau, F. Santiveri y J. Lloveras.

Departamento de Producción Vegetal y Ciencia Forestal.
Universidad de Lleida.

En los últimos años se ha producido en los regadíos del valle del Ebro una importante demanda de residuos de maíz (cañotes) para biocombustible o como forraje y muchos agricultores los han vendido (12-15 €/t) sin tener en cuenta las necesidades del suelo para mantener su fertilidad. Según algunos autores (Wilhelm *et al.*, 2004) los restos de cosecha influyen directamente en la producción, por lo que es muy importante mantener un equilibrio entre la eliminación de residuos de la cosecha y el ecosistema.

Por otro lado, aún en estos momentos de altos precios para el maíz, existe una preocupación entre los productores por la eficiencia en el uso del nitrógeno (N), puesto que este elemento es un factor básico para la producción. Además, el nitrógeno representa como mínimo un 20% de los costes de producción y es uno de los pocos elementos con los que el productor tiene margen para disminuirlos. Por lo tanto, el efecto de la interacción entre la incorporación de los restos de cosecha y la fertilización nitrogenada podría contribuir a mejorar la eficiencia del uso del N en la fertilización del maíz.

En el valle del Ebro, donde el maíz es un cultivo tradicional de las zonas de regadío, alrededor de un 50% de los agricultores incorpora los restos de cosecha al suelo y el otro



CUADRO I.

Efecto de la incorporación o la exportación de los restos de cosecha en la producción y su interacción con la fertilización nitrogenada en los Campos 1 y 2. Almacelles 2010-2012.

Manejo del residuo	Dosis de N (kg/ha)	Campo 1 Producción (t/ha, 14% de humedad)				Campo 2 Producción (t/ha, 14% de humedad)			
		2010	2011	2012	Media	2010	2011	2012	Media
Incorporado									
	0	13,9	13,9	16,6	14,8	14,0	11,0	16,1	13,7
	100	13,9	15,1	17,1	15,4	18,5	17,1	18,3	18,0
	200	13,2	18,8	16,4	16,1	19,0	20,0	20,8	19,9
	300	13,3	18,6	17,1	16,3	18,7	20,0	20,8	19,8
Media		13,6	16,6	16,8	15,6	17,6	17,0	19,0	17,9
Retirado									
	0	14,8	18,3	16,7	16,6	16,0	13,1	17,6	15,6
	100	13,0	18,6	16,2	15,9	18,1	18,5	20,2	18,9
	200	14,2	18,8	15,1	16,0	19,0	18,8	20,6	19,5
	300	15,4	18,8	17,8	17,3	17,1	19,9	21,3	19,4
Media		14,4	18,6	16,4	16,5	17,5	17,6	19,9	18,3
Significación Residuo		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Significación N		NS	NS	NS	NS	0,01	0,01	0,01	0,01

*NS, No Significativo. La interacción N x manejo de residuos fue solo significativa en un año, en un solo campo.

50% exporta sus cañotes a paja para el consumo animal (Sisquella *et al.*, 2004) o para otros fines, dependiendo del precio. En estas zonas hay interés por conocer los efectos de la exportación de los cañotes de maíz en el abonado nitrogenado y en la calidad de suelo.

Metodología

Los ensayos para estudiar el efecto del manejo de los residuos de cosecha en el abona-

do nitrogenado del maíz se han llevado a cabo en dos campos (Campo 1 y Campo 2) situados en Almacelles (Lleida) durante tres años consecutivos (2010-2012). El Campo 1 se caracteriza por tener un tipo de suelo Haploxerept típico con una textura franco-arcillosa y un contenido de materia orgánica inicial de 3,37%. El Campo 2 tiene un suelo Calcixerept típico con una textura franco-limosa y con un contenido de materia orgánica inicial del 3,21%.



Parcela de maíz con los residuos picados para su incorporación (izquierda) y exportados (derecha).

Se trata de dos experimentos donde se combinan el manejo de los restos de maíz (incorporación o exportación) y el abonado nitrogenado mineral. Los tratamientos de fertilización mineral fueron 0, 100, 200 y 300 kg N ha⁻¹. Estos abonados se aplicaron cada año en las mismas parcelas. El diseño experimental de los ensayos fue en parcela subdividida con tres repeticiones y ha permitido estudiar la evolución de los contenidos de N y C orgánico del suelo a lo largo del proyecto, así como los efectos acumulativos de dichos elementos.

No se ha detectado ninguna interacción significativa entre el manejo de los residuos y la fertilización nitrogenada, si bien se observa que en los tratamientos en los que se aplicó 0 y 100 kg N/ha las producciones fueron inferiores cuando se incorporaron los cañotes de maíz, debido posiblemente a que la descomposición de los residuos extrajo una parte importante del N del suelo

El maíz se regó por aspersión y el fertilizante nitrogenado se aplicó en forma de nitrato amónico (33,5%). En todos los tratamientos, el nitrato amónico se aplicó únicamente en cobertera en dos aportaciones iguales, la primera cuando el maíz tenía unas cuatro hojas y la segunda cuando el maíz tenía unas siete hojas.

Los ensayos se sembraron a mediados de abril, con una densidad de 80.000 plantas/ha y con una distancia entre líneas de 0,75 m. Las variedades fueron de ciclo medio-largo (600-700) y fueron seleccionadas por su buen comportamiento productivo en las comarcas de Lleida, según los ensayos oficiales.

Se determinaron un conjunto de parámetros de suelo y planta (N mineral antes y des-



Del 28 de Febrero al 2 de Marzo/2013

VI Certamen internacional de maquinaria agrícola



www.cimag.es
[facebook.com/feriacimag](https://www.facebook.com/feriacimag)



pués de la cosecha, biomasa, contenido en N de la planta y del grano, extracciones totales y de grano, C orgánico, biomasa microbiana, gusanos de suelo, etc.). Sin embargo en este artículo solo se van a presentar la producción y el contenido en C orgánico del suelo. El rendimiento del cultivo se determinó cosechando dos hileras centrales enteras de cada parcela elemental, midiéndose posteriormente la humedad del grano y el C orgánico que se determinó por el método de Walkley y Black (1934).

Tras la recolección se procedió a picar y enterrar los restos de maíz en los tratamientos en que debían incorporarse y se realizó el laboreo habitual después de retirar los restos en el tratamiento en que éstos debían retirarse.

Resultados

Producción de grano

Los resultados obtenidos en los tres años de ensayo se presentan en el **cuadro I**. En el mismo se observa que la incorporación o la exportación de los cañotes no afectó estadísticamente a la producción de maíz en ninguno de los tres años de ensayo. La producción de maíz del Campo 1 (unas 16 t/ha de media) puede considerarse “normal-alto” en los riegos por aspersión de la zona en campos bien llevados, mientras que los del Campo 2 (18 t/ha) son muy buenos rendimientos conseguidos en muy buenas condiciones agronómicas de suelo, agua, control de adventicias, etc.

En el Campo 1, el tratamiento control (0 kgN/ha) presentó en el primer año, rendimientos muy similares al resto de los tratamientos, debido a que la cantidad de N inicial del suelo, que muchos agricultores no consideran, en el ensayo era bastante alta (227 kg N/ha).

En los tres años de ensayo no se detectó ninguna interacción significativa entre el manejo de los residuos y la fertilización nitrogenada, si bien se observa en los dos ensayos, que en los tratamientos con menor fertilización de N (0 y 100 kg N/ha, que ningún productor de maíz aplica) las producciones fueron inferiores cuando se incorporaron los cañotes de maíz, en comparación con los tratamientos en que éstos se exportaron, debido posiblemente a que la descomposición de los residuos extrajo una parte importante del N del suelo, que no pudo ir al cultivo.

Efecto sobre la calidad del suelo

El efecto del manejo de los residuos y del abonado nitrogenado en la calidad del suelo se determinó mediante varios parámetros como se ha comentado anteriormente, como son: la actividad de hidrogenasa, la biomasa microbiana, las lombrices del suelo y el contenido en C orgánico del suelo. En este artículo se van a presentar sólo los valores del C orgánico, que es el carbono almacenado en la materia orgánica del suelo. La materia orgánica del suelo contiene aproximadamente el 58% de C. Por ello, para convertir los valores de C orgánico en los de materia orgánica se suelen multiplicar los primeros por 1,72.

Probablemente, el contenido de C orgánico del suelo sea el factor, de entre los evaluados en el estudio, que más ha resulta-

CUADRO II.

Efecto del manejo de los residuos y del abonado nitrogenado en la evolución del contenido de C orgánico del suelo (%). Gimenez 2010-2012.

Manejo del residuo	Dosis de N (kg/ha)	Campo 1			Campo 2		
		2010	2011	2012	2010	2011	2012
Incorporado	Media (0, 100, 200, 300)	2,11	2,02	1,88	1,93	1,81	1,68
	Media	1,93	2,08	2,05	1,91	1,91	1,91
Retirado	Media (0, 100, 200, 300)	NS	NS	NS	NS	0,01	0,01
	Media	NS	NS	NS	0,01	0,01	0,01
Significación Residuo		NS	NS	NS	NS	0,01	0,01
Significación N		NS	NS	NS	0,01	0,01	0,01



Aplicación de nitrato amónico (33,5%) en la primera cobertera.

do afectado por el manejo de los residuos (**cuadro II**). Básicamente se observa que la incorporación de residuos mantiene el contenido de C orgánico del suelo, mientras que su exportación lo disminuye rápidamente pasando, en tres años, de 2,05% a 1,88% (o sea un 8,3% de disminución) en el Campo 1 y de 1,91 a 1,68% (o sea un 12%) en el Campo 2.

Se esperaba que la incorporación anual de unas 14 t/ha de residuos de maíz incrementaría el contenido de C orgánico del suelo en los dos campos, pero no ha sido así, simplemente se ha mantenido. Según algunos autores este efecto se observa habitualmente en algunos tipos de suelo debido a la saturación del nivel de C del suelo (Six *et al.*, 2002).

Por otro lado, es interesante observar la disminución del contenido de C orgánico del suelo al retirar los residuos del campo. No sabemos cómo esta disminución de C orgánico

puede afectar a la producción y sostenibilidad del sistema en el futuro, pero algunos autores opinan que pequeños cambios en algunos factores del suelo pueden tener desproporcionadamente amplias repercusiones futuras en la calidad del mismo (Powlson *et al.*, 2011).

La necesidad de mantener las características físico-químicas del suelo hace de la incorporación de los restos de cosecha una práctica básica que, a largo plazo, se verá reflejada en un incremento de la producción

Conclusiones

A corto plazo (tres años), el manejo de los restos de cosecha no afectó a la producción de maíz (16 - 19 t/ha) en condiciones normales de fertilización. Por otro lado, la incorporación de los residuos de cosecha no aumentó el contenido de C orgánico del suelo, aunque, sin embargo, su exportación disminuyó el contenido en C orgánico en un 10% de su valor inicial. Desconocemos los efectos de esta reducción a largo plazo, aunque como señalan algunos autores pequeñas reducciones en el contenido de C orgánico del suelo tienen efectos futuros muy importantes en las propiedades físicas del mismo (Powlson *et al.*, 2011).

La necesidad de mantener las características físico-químicas del suelo hace de la incorporación de los restos de cosecha una práctica básica que, a largo plazo, se verá reflejada en un incremento de la producción. A pesar de que los datos no son extrapolables a nuestras condiciones, productores de maíz de EE.UU. (Wilhelm *et al.*, 1986) están viendo resultados favorables en su producción tras un continuo seguimiento de esta práctica. ●

Agradecimientos

Este estudio forma parte del proyecto "AGL2009-12897/C00-01" financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación. Agradecemos a Ángel Arcaya, Camilo Solsona y Cosme Marsol (de Agroserveis de Almacelles, Lleida), su ayuda inestimable durante los años de estudio y a NEIKER su ayuda técnica.

Bibliografía ▼

Powlson, D.S., Glendining, M.J., Coleman K., Whitmore, A.P. 2011. Implications for Soil Properties of Removing Cereal Straw: Results from Long-Term Studies. *Agron. J.* 103: 279- 287.

Sisquella, M., Lloveras, J., Santiveri, P., y Cantero, C. 2004. Técnicas de gestión ambiental en cultivos extensivos de regadío. Proyecto TRAMA-LIFE.

Six, J., Conant, R.T. Paul, E.A., Paustian, K. 2002. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil* 241: 155-176.

Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37:29.

Wilhelm, W.W., Doran J.W., and Power, J.F., 1986. Corn and soybean yield response to crop residue management under no-tillage production systems. *Agronomy Journal* 78:184-189.

Wilhelm, W.W., Johnson, J.M.F., Hatfield, J.L., Voorhees, W.B., and Linden, D.R. 2004. Crop and soil productivity response to corn residue removal: A literature Review. *Agronomy Journal* 96:1-17.