

Dinámica de la descomposición del rastrojo en una rotación de riego

La caracterización del residuo es el punto de partida para el establecimiento de la estrategia de manejo de suelo adecuada, de cara a lograr un equilibrio entre los objetivos del agricultor y la conservación de los recursos suelo y agua.

Durante las campañas agrícolas 2002/03, 2003/04 y 2004/05 se ha seguido la evolución del rastrojo depositado sobre una parcela situada en el Valle del Guadalquivir en Córdoba y en la que se ha seguido la rotación de riego maíz-algodón-adormidera.

Los resultados muestran distintas tasas de cobertura y descomposición en función de la naturaleza del residuo. Los niveles estimados de cubierta permiten asegurar la protección del suelo entre campañas agrícolas.

R. Ordóñez, R. Carbonell, P. González • Área de Producción Ecológica y Recursos Naturales, IFAPA, CIFA "Alameda del Obispo", Córdoba
G. Martínez • Área de producción Ecológica y Recursos Naturales, IFAPA, CIFA "Las Torres-Tomejil".

Introducción

La cobertura del suelo por la capa de rastrojos es una práctica de manejo fundamental en los sistemas de agricultura de conservación. El control de la erosión, la acumulación de agua en el perfil y el mantenimiento de unos niveles adecuados de materia orgánica son algunos de los propósitos que se pretenden con esta práctica. Al conservar el recurso, aseguramos la producción en el tiempo y la sustentabilidad (McCool et al., 1987; Guerif et al., 2001).

Los residuos de cosecha de los cultivos dejados sobre la superficie del suelo normalmente persisten por más tiempo que los incorporados lo que genera una disponibilidad diferencial de nutrientes, en especial la de nitrógeno (Schomberg et al., 1994). Por tanto, la velocidad de descomposición de los rastrojos sobre el suelo condiciona la secuencia de cultivos y la disponibilidad de nutrientes para éstos.

El manejo de la cobertura del suelo a través de la rotación de cultivos es fundamental en siembra directa. La cantidad y calidad de los rastrojos es consecuencia del rendimiento y la alternancia de los cultivos anteriores. Thorburn et al. (2001), señalan la importancia del residuo inicial en la predicción de la descomposición, que es peculiar para cada cultivo.

Los sistemas de manejo de residuos orgánicos han mostrado mantener el nivel de materia orgánica del suelo a mayores niveles que la fertilización inorgánica (Edmeades., 2003). Estos aumentos son particularmente importantes en Andalucía, que es la región donde se desarrolla nuestro estudio, en la cual los niveles de materia orgánica en suelos agrícolas son normalmente inferiores a 10 g.Kg^{-1} (Costa et al., 1991).

La M.O del suelo es uno de los componentes del ciclo global del C. El suelo puede actuar como sumidero de C y todo lo relacionado con las prácticas de manejo de residuos tienen una gran influencia en el secuestro de dicho elemento (Duiker and Lal., 1999; Deen and Kataki., 2003).

Los restos de cosecha presentan un contenido hídrico muy variable, elevado contenido en materia orgánica, fracción mineral variable en concentración total y relación C/N generalmente alta, aunque con notables diferencias según el tipo de rastrojo. La velocidad de descomposición de los residuos depende de la naturaleza y composición de los mismos: rápida en residuos vegetales verdes, ricos en nitrógeno, azúcares solubles y sales minerales, y lenta en residuos viejos y secos, ricos en celulosa y lignina y pobres en nitrógeno y azúcares.

El objetivo de este estudio ha sido el de evaluar la influencia de la climatología en la tasa de descomposición de rastrojos de distintos cultivos en una rotación de riego y



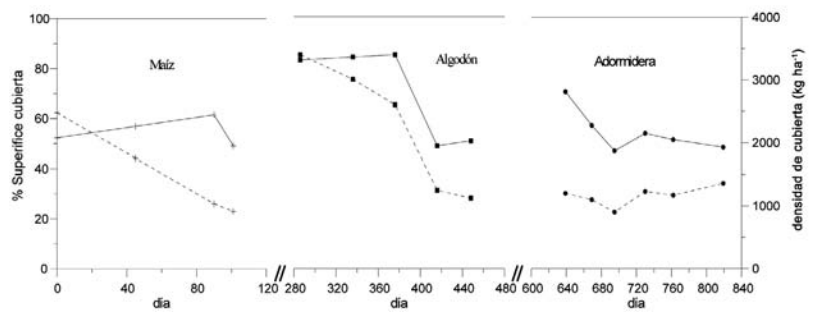
Tabla 1

Propiedades físico-químicas de la zona de estudio

| Textura | |
|------------------------|--------|
| Arena (%) | 33.4 |
| Limo (%) | 29.6 |
| Arcilla (%) | 36.9 |
| Clasificación textural | FA |
| Propiedades químicas | |
| pH CaCl2 | 7.4 |
| CO g.Kg-1 | 11 |
| Fósforo (mg.Kg-1) | 32.7 |
| Potasio (mg.Kg-1) | 392.1 |
| Calcio (mg.Kg-1) | 6586.4 |
| Magnesio (mg.Kg-1) | 296.1 |
| CIC (mg.Kg-1) | 0.40 |

Figura 1

Porcentaje de superficie y densidad de cubierta de distintos tipo de residuos



cómo influye ésta sobre la masa del residuo, la cubrición del suelo y su capacidad de aportar nutrientes al mismo.

Material y métodos

El estudio se realizó en la finca Moratalla localizada en el Valle del Guadalquivir en la provincia de Córdoba (37° 47'68" N y 5° 11'98" O). Para el mejor aprovechamiento del agua y los nutrientes en la zona radical, el manejo del suelo se hace en alomado y la rotación seguida es maíz-algodón-adormidera en riego. El suelo es franco-arcilloso, de pH neutro y una buena fertilidad natural con altos contenidos de calcio y magnesio y adecuado contenido de fósforo y potasio. En la **tabla 1** se reflejan las características del suelo de la experiencia.

La climatología es una de las variables que más afectan a la descomposición del residuo. Por tal motivo en el período considerado se ha medido la distribución de la precipitación (P mm), evapotranspiración (ETo mm) y la temperatura media mensual cuyos valores quedan reflejados en la **tabla 2**.

El seguimiento se realizó en una parcela de 20 x 100 m² en la que se seleccionaron 17 puntos al azar, a los que se les evaluó el porcentaje de cobertura, según el método propuesto por Agrela (2003), desde la recogida del cultivo

hasta la siembra del siguiente. En todos estos puntos se recogía el residuo, al que se le estimaba además de su peso seco, el porcentaje de carbono y nitrógeno orgánico, la relación C/N y el porcentaje de fósforo y potasio totales. Los métodos utilizados en estos análisis se describen en Sparks et al. (1996).

Resultados y discusión

La cantidad de rastrojo depende de la producción de materia seca total del cultivo (biomasa) y de la fracción que pueda cosecharse y su calidad está vinculada a su perdurabilidad en el suelo. Es decir, a su resistencia a la descomposición.

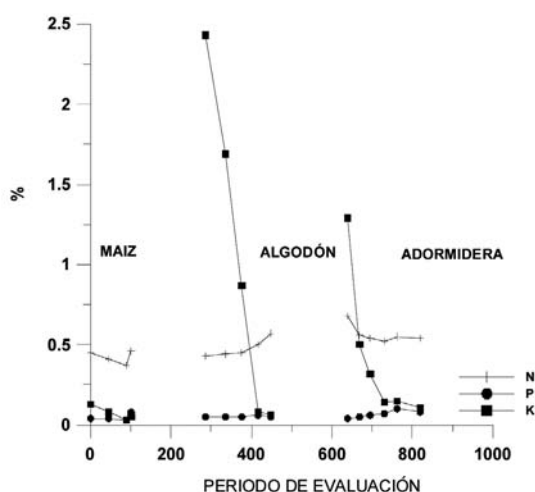
En la **figura 1** podemos apreciar la cobertura del suelo para las distintas campañas consideradas. En ella se puede observar cómo el maíz es el residuo que se descompone con mayor dificultad por su elevado contenido en lignina y una relación C/N (media de 128) superior a la de los restos de algodón (media de 109) y los de adormidera (media de 96). El rastrojo de algodón ha supuesto una mayor cubrición del suelo con un porcentaje de cobertura de más del 80% al inicio del seguimiento. Estos niveles se mantienen hasta la primavera en la que la humedad y sobre todo la subida de temperaturas aceleran su descom-

Tabla 2

Valores medios de precipitación (mm), evapotranspiración de referencia (Eto,mm) y temperatura media del aire (°C) en Moratalla

| Mes | 2002 | | | 2003 | | | 2004 | | | 2005 | | |
|------------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|
| | P (mm) | ETo (mm) | T (°C) | P (mm) | ETo (mm) | T (°C) | P (mm) | ETo (mm) | T (°C) | P (mm) | ETo (mm) | T (°C) |
| Enero | 47.8 | 47.0 | 10.6 | 47.4 | 49.1 | 9.0 | 13.8 | 42.6 | 10.5 | 0.0 | 61.0 | 7.9 |
| Febrero | 4.4 | 65.0 | 11.6 | 95.2 | 52.3 | 9.8 | 93.6 | 59.4 | 11.5 | 53.0 | 68.3 | 8.5 |
| Marzo | 122.8 | 93.4 | 14.2 | 41.4 | 103.0 | 14.4 | 63.8 | 89.5 | 12.8 | 19.2 | 108.3 | 13.5 |
| Abril | 65.6 | 116.5 | 15.7 | 50.6 | 122.8 | 15.6 | 27.6 | 133.7 | 15.1 | 15.6 | 158.7 | 17.1 |
| Mayo | 3.8 | 191.3 | 19.4 | 6.2 | 206.1 | 21.9 | 124.0 | 151.2 | 17.7 | 21.4 | 202.6 | 21.7 |
| Junio | 0.4 | 229.5 | 24.2 | 0.8 | 238.9 | 25.9 | 0.0 | 238.2 | 26.7 | - | - | - |
| Julio | 0.0 | 252.0 | 27.0 | 0.0 | 261.5 | 27.5 | 0.2 | 252.6 | 28.2 | - | - | - |
| Agosto | 0.0 | 218.1 | 25.3 | 0.2 | 258.3 | 28.8 | 4.2 | 225.2 | 27.1 | - | - | - |
| Septiembre | 70.0 | 143.6 | 21.9 | 36.4 | 194.6 | 24.5 | 1.6 | 161.0 | 24.3 | - | - | - |
| Octubre | 72.4 | 100.9 | 18.5 | 171.6 | 83.2 | 17.8 | 85.8 | 102.4 | 18.9 | - | - | - |
| Noviembre | 131.0 | 56.6 | 13.9 | 57.0 | 54.3 | 13.9 | 1.2 | 63.3 | 12.7 | - | - | - |
| Diciembre | 124.2 | 38.2 | 11.8 | 106.0 | 41.3 | 10.3 | 40.2 | 47.0 | 9.7 | - | - | - |

Figura 2
Composición del residuo



posición hasta valores del 50%. Los restos de adormidera, con una cubierta inicial del 70%, se degradan paulatinamente con las lluvias otoñales y mantienen sus niveles en torno al 48 % durante la época invernal. En las condiciones edafoclimáticas mediterráneas, el factor más restrictivo es la baja disponibilidad de agua en el periodo estival que limita fuertemente la evolución de los residuos que se incorporan al suelo en esta época del año (Ordóñez et al., 2001).

En cuanto a la evolución de la masa del residuo (figura 1), se aprecia una pérdida de la misma con el tiempo para los rastrojos de maíz y algodón con porcentajes de reducción del 37 y 33% respectivamente desde el inicio de la campaña de muestreo hasta la siembra siguiente. Los restos de adormidera siguen un comportamiento distinto a los dos anteriores. La explicación podría estar en la naturaleza del residuo de poca masa y fácil degradación y en que en la muestra tomada en el retículo de un metro cuadrado se tiene en cuenta no sólo el peso del residuo del cultivo precedente sino también los restos no descompuestos de campañas anteriores. De hecho, el último valor de densidad de residuo del algodón (1120 Kg ha⁻¹) es muy semejante al primero de la adormidera (1200 kg ha⁻¹). También puede contribuir a la no alteración del residuo el hecho de que en esta campaña se han registrado temperaturas muy bajas y una pluviometría por debajo de la media anual como puede apreciarse en la tabla 1.

Independientemente del tipo de cultivo, la distribución del rastrojo es muy irregular, encontrándonos puntos con una densidad de 2000 kg ha⁻¹ y otros con menos de 500 kg ha⁻¹ en la misma fecha de muestreo. Estas diferencias se atenúan a medida que se van descomponiendo los restos vegetales.

Se ha analizado la composición del residuo para los distintos rastrojos y campaña consideradas.

Como se puede observar en la figura 2, tanto el contenido en P total como en N orgánico no varía sustancialmente a lo largo del periodo de descomposición. Sin embargo, en lo referente al contenido en K se aprecia un descenso en el porcentaje de este elemento a medida que el residuo se va degradando mucho más acusado en algodón y adormidera, lo que indica un continuado aporte de potasio al suelo.

Se ha realizado un estudio estadístico que engloba los diferentes parámetros considerados en la experiencia a través del programa SPSS. El signo del coeficiente indica la dirección de la relación y el valor absoluto la intensidad. Con todo esto se ha obtenido una matriz de correlación entre las distintas variables (tabla 3).

De todos los nutrientes estudiados, el porcentaje de potasio fue el que se correlacionó significativamente ($p \leq 0.05$), casi en la misma proporción, con el porcentaje de cobertura y con la masa del residuo con un r entre 0.58 y 0.50. Estos resultados sugieren, que la mineralización de estos restos vegetales producirá mayoritariamente un aporte de este elemento. Nitrógeno, carbono y fósforo están más correlacionados con la relación C/N que con los parámetros anteriormente citados, lo que da idea de la naturaleza orgánica de los mismos y de su lenta transformación a formas asimilables.

Conclusiones

El estudio pone de manifiesto la importancia de la naturaleza y composición del residuo en cuanto a su efecto de cobertura del suelo y su capacidad de aportar nutrientes según su velocidad de transformación. La calidad y cantidad de los rastrojos es consecuencia del rendimiento y la alternancia de cultivos anteriores.

Las prácticas agronómicas y las características edafoclimáticas de la zona de estudio, no favorecen la transformación del residuo, que presenta una reducción del porcentaje de cubierta y masa próximo al 30% para el maíz y el algodón y tasas de descomposición aún menores para la adormidera.

Tabla 3
Matriz de correlación de los distintos parámetros asociados a la descomposición de residuos

| | % Cobertura | % CO | % NO | R C/N | K | P | Peso seco |
|-------------|-------------|-------|--------|-------|-------|-------|-----------|
| % Cobertura | 1.00 | | | | | | |
| % CO | -0.02 | 1.00 | | | | | |
| % NO | -0.16 | 0.13 | 1.00 | | | | |
| R C/N | 0.16 | 0.40* | -0.78* | 1.00 | | | |
| K | 0.58* | -0.09 | -0.04 | -0.20 | 1.00 | | |
| P | -0.20 | -0.12 | 0.12 | 0.50* | -0.20 | 1.00 | |
| Peso seco | 0.70* | -0.06 | -0.25* | 0.22 | 0.50* | -0.17 | 1.00 |

* Correlación significativa a un nivel de $P \leq 0.05$



Independientemente del residuo, se puede considerar que el suelo ha estado protegido de los agentes externos entre cultivos ya que los niveles de cobertura no han bajado del 48%.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo recibido del Ministerio de Ciencia y Tecnología mediante el proyecto nacional AGL 2002-04283 y al proyecto INIA RTA 2006-00058-CO3-00.

Bibliografía

- Agrela, F., 2003. Evaluación manual y automatizada de la cubierta de restos de cosecha en sistemas de Agricultura de Conservación. Tesis Doctoral. E.T.S.I.A.M., Univ. de Córdoba.
- Costa, F., Hernández, T., Polo, A. (1991). Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización. Caja Murcia.
- Deen, W., Katak, P.K. (2003). Carbon sequestration in a long-term conventional versus conservation tillage experiment. *Soil & Tillage Research*. 74: 143-150.
- Duiker, S.W., Lal, R. (1999). Crop residue and tillage effects on carbon sequestration in a Luvisol in central Ohio. *Soil & Tillage Research* 52: 73-81.
- Edmeades, D.C., 2003. The long term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality : a review. *Nutr. Cycl. Agroecosyst*. 66: 165-188.
- Guerif, G.R., Dürr, C., Machet, J.M., Recous, S., Roger-Estrade, J., 2001. A review of tillage effects on crop residue management, seedbed conditions and seeding establishment. *Soil Till. Res.*, 61:13-32.
- McCool, D.K., Zuzuel, J.F., Istok, J.D., Formanek, G.E., Molnau, M., Saxton, K.E. and Elliot, L.F., 1987. Erosion processes and prediction for the Pacific Northwest. In STEEP-Conservation concepts and Accomplishments, ed. L.F. Elliot. Pulman. Washinton State-university Publications.
- Ordóñez, R., González, P., Perea, F. y Giráldez, J.V., 2001. The protective role of stubble cover in dry farming conservative agriculture in southwest Spain. *Congress on Conservation Agriculture*. 435-439. Madrid.
- Schomberg, H.H., Steiner, J.L., Unger, P.W. 1994. Nutrient dynamics of crop residues decomposing on a fallow no-till soil surface. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 372-381.
- Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.M., Sottanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.I. y Summer, M.E., 1996. Methods of soils análisis, part 3thrd ed., chemical methods. *Agron. Eds. N° 5, 3, Am. Soc. of Agron., Madison*.
- Thorburn, D.J., Probert, M.E. y Robertson, F.A., 2001. Modelling decomposition of sugar cane surgace residues with ADMSIE residue. *Soil Till. Res.*



**La gama más amplia
en máquinas de
siembra directa**



**Sembradoras de discos y
rejas, en tres y cuatro filas,
arrastradas y suspendidas,
mecánicas y neumáticas**

Máquinas de discos
3 - 3,5- 4,20 y 5 m.
Distancia entre líneas: 17,5 cm.

Máquinas de rejas
2,30 - 2,80- 3,30 y 5 m.
Distribución entre filas: 17,5 cm.



JULIO GIL ÁGUEDA E HIJOS, S.A.
Ctra. Alcalá, Km 10,1 • 28814 Daganzo (Madrid)
Tel 91 884 54 49 - 91 884 54 29 • Fax 91 884 14 87
e-mail: ventas@sembradorasgil.com
www.sembradorasgil.com

