

Reconversión a la agricultura ecológica en dos tipos de suelo del valle del Guadalquivir

Efecto del manejo orgánico sobre las propiedades químicas de un suelo arcilloso y otro franco

S. Melero¹; E. Madejón², J.F. Herencia¹; J.C. Ruiz¹.

¹ IFAPA, Centro Las Torres-Tomejil, Junta de Andalucía.

² Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, CSIC.

El presente trabajo abarca el estudio de la reconversión a la agricultura ecológica utilizando dos tipos de residuos orgánicos (compost vegetal y estiércol compostado) en dos tipos de suelo: uno franco (Xerofluvent) y otro arcilloso (Chromic Haploxeret), comparándolos a su vez con el manejo convencional, durante un periodo de cuatro años. Para ello fueron estudiadas algunas propiedades químicas, tales como: carbono orgánico total (COT), sustancias húmicas, fósforo Olsen, N-Kjeldahl y potasio disponible.

El suelo no es simplemente un sustrato de cultivo, sino un ente vivo, dinámico y no renovable, en el cual hay una compleja conexión entre las plantas, los organismos y el medio mineral que los contiene, por lo que debe ser gestionado de forma correcta y sostenible.

Los suelos del área mediterránea están sometidos al clima semiárido y a los efectos negativos que causa la agricultura intensiva. La gran explotación y los fertilizantes químicos utilizados han ocasionado el empobrecimiento en materia orgánica de los suelos, que revierte inmediatamente en el aumento de la erosión y la pérdida de fertilidad en la mayor parte de los suelos del área mediterránea. La degradación de un suelo supone ante todo una disminución de su capacidad productiva, debido a cambios en sus propiedades físicas, químicas y biológicas que conducen a la pérdida o disminución de su fertilidad (García et al., 1994). Es por ello obvia la recomendación de la FAO sobre la incorporación de materia orgánica a los suelos con el fin de potenciar una agricultura sostenible.

En este contexto han surgido métodos de producción agrícola con menor impacto ambiental, siendo uno de ellos la producción ecológica u orgánica. La agricultura ecológica se define por la aplicación de una serie de



Se han ensayado dos tipos de abono orgánico comparándolos con un abono mineral. En ambos tipos de suelo, los abonos orgánicos han aportado una mayor cantidad de N aprovechable para los cultivos.

pautas generales: fertilización basada en la materia orgánica (estiércoles, compost, abonos verdes), control de plagas, enfermedades y malas hierbas mediante estrategias de regulación biológica (insectos auxiliares, plantas trampa, tratamientos con productos naturales, etc.) y presta una atención especial a determinadas prácticas agrícolas como la rotación de cultivos y la adecuada diversificación y asociación de determinados cultivos (Lampkin, 1998). Para conseguir una buena fertilidad en el suelo, la agricultura ecológica cuenta con tres técnicas básicas: fertilización, cubiertas y laboreo. La fertilización y las cu-

biertas vegetales, mediante aportes de materia orgánica, suministra nutrientes y favorece el complejo arcillo-húmico mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

► Materiales y métodos

Localización y manejo del sistema

El presente estudio se ha llevado a cabo en dos fincas experimentales, una de regadío ubicada en el Centro IFAPA Las Torres dentro del Término Municipal de Alcalá del Río (Sevilla) y la otra de secano situada en el Centro IFAPA Tomejil dentro del

Término Municipal de Carmona (Sevilla).

Los datos del estudio en la finca Las Torres incluye los resultados obtenidos desde 2001 a 2003 durante cinco ciclos de cultivo y los resultados obtenidos en Tomejil desde 2001 a 2004 durante cuatro ciclos de cultivo.

El suelo del experimento de reconversión en regadío es un típico Xerofluvent de textura franca (pH 8; 1,3% de materia orgánica (MO)) y el de reconversión en secano es un Chromic Haploxerert de textura arcillosa (pH 7,7; 1,6% MO). Al inicio del experimento, ambos suelos presentaban un pH básico debido a su alto contenido en carbonato cálcico (250 y 223 g kg⁻¹ respectivamente). En general, ninguno presentaba problemas de salinización (Richards 1954). El contenido bajo en MO es el típico de los suelos agrícolas de Andalucía (10 g kg⁻¹, Costa et al., 1991).

El diseño experimental de ambas fincas (regadío y secano) consistió en 12 subparcelas de 200 m². Se establecieron tres tratamientos: un tratamiento convencional (C) y dos orgánicos (compost vegetal (O1) y estiércol compostado (O2)). La distribución de los distintos tratamientos se ajusta a un diseño al azar con cuatro repeticiones por tratamiento.

El tratamiento convencional (C) consistió en la aplicación de fertilización mineral y el uso de fitosanitarios. Los aportes de nutrientes en fondo y cobertera en las parcelas convencionales (C) se muestran en el **cuadro I**. El manejo orgánico (O₁ y O₂) se llevó a cabo siguiendo las normas reguladoras (Reglamento (CEE) N° 2092/91) y el control de la flora arvense se realizó mecánicamente. El tratamiento O1 consistió en la adición de 30 t ha⁻¹ de compost vegetal (restos de cultivos, podas y césped) y el tratamiento O₂ en la adición de 30 t ha⁻¹ de estiércol compostado (**cuadro I**). El **cuadro II** muestra los aportes totales de nutrientes a través de los com-

Cuadro I.

Dosis aplicada de fertilizantes orgánico e inorgánico en cada ciclo de cultivo.

| Periodo | Cultivo | Fertilización inorgánica (kg ha ⁻¹) | | | Compost vegetal (kg ha ⁻¹) | | | Estiércol compostado (kg ha ⁻¹) | | |
|-----------------------------|-----------|---|-------------------------------|------------------|--|------|-----|---|-----|-----|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P | K | N | P | K |
| TORRES | | | | | | | | | | |
| Febrero-junio (2001) | Patata | 218 | 150 | 150 | 216 | 72 | 86 | 325 | 75 | 207 |
| Septiembre-diciembre (2001) | Lechuga | 214 | 150 | 150 | 263 | 115 | 127 | 188 | 99 | 153 |
| Febrero-julio (2002) | Zanahoria | 80 | 150 | 150 | 247 | 115 | 89 | 145 | 110 | 115 |
| Octubre-febrero (2003) | Espinaca | 147 | 150 | 150 | 176 | 62.5 | 122 | 179 | 94 | 175 |
| Mayo-agosto (2003) | Tomate | 300 | 169 | 400 | 123 | 49.7 | 101 | 353 | 149 | 347 |
| TOMEJIL | | | | | | | | | | |
| Abril-octubre (2001) | Girasol | 45 | 45 | 45 | 216 | 72 | 86 | 325 | 75 | 207 |
| Diciembre-julio (2002) | Trigo | 142 | 92 | 0 | 263 | 115 | 127 | 188 | 99 | 153 |
| Enero-julio (2003) | Lenteja | 80 | 150 | 150 | 135 | 35 | 106 | 179 | 94 | 175 |
| Enero-julio (2004) | Trigo | 158 | 110 | 0 | 236 | 74 | 51 | 255 | 105 | 135 |

Cuadro II.

Características químicas de los compost aplicados a los diferentes cultivos en las parcelas orgánicas.

| Cultivo | Compost | PARÁMETROS | | | | | | |
|------------------------------|---------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| | | Humedad (g kg ⁻¹) | COT (g kg ⁻¹) | CEH (g kg ⁻¹) | CAH (g kg ⁻¹) | Kjeldahl-N (g kg ⁻¹) | Olsen-P (g kg ⁻¹) | K-EAA (g kg ⁻¹) |
| Patata y girasol | Vegetal | 247 | 148 | 35,8 | 19,6 | 9,60 | 3,20 | 3,80 |
| | Animal | 420 | 156 | 56,8 | 37,5 | 18,7 | 4,30 | 12,0 |
| Lechuga y trigo (2º cultivo) | Vegetal | 217 | 163 | 57,4 | 32,7 | 11,2 | 4,90 | 5,40 |
| | Animal | 175 | 124 | 38,4 | 25,0 | 7,60 | 4,00 | 6,00 |
| Zanahoria | Vegetal | 255 | 228 | 45,4 | 24,6 | 11,1 | 5,16 | 4 |
| | Animal | 248 | 183 | 39,5 | 21,1 | 6,43 | 5 | 5,10 |
| Espinaca | Vegetal | 229 | 135 | 39,5 | 19,0 | 7,60 | 2,70 | 5,30 |
| | Animal | 271 | 148 | 34,1 | 21,4 | 8,20 | 4,30 | 8 |
| Tomate | Vegetal | 280 | 166 | 29,9 | 14,6 | 5,70 | 2,30 | 4,70 |
| | Animal | 364 | 266 | 87,8 | 54,5 | 18,5 | 7,80 | 18,2 |
| Lenteja | Vegetal | 330 | 115 | 55,8 | 31 | 6,74 | 1,76 | 5,30 |
| | Animal | 271 | 148 | 34,1 | 21,4 | 8,20 | 4,30 | 8,00 |
| Trigo (4ºcultivo) | Vegetal | 453 | 209 | 49,7 | 28 | 14,4 | 4,50 | 3,10 |
| | Animal | 444 | 316 | 90,0 | 70,6 | 15,3 | 6,30 | 8,10 |

Los datos son valores medio de tres muestras y están expresados en peso seco de compost.

COT: carbono orgánico total; CEH: carbono del extracto húmico; CAH: carbono de los ácidos húmicos; Kjeldahl-N: nitrógeno Kjeldahl; Olsen-P: fósforo disponible; K-EAA: potasio extraído con acetato de amonio.

post empleados en los diferentes ciclos de cultivo.

Muestreo y análisis del suelo

La toma de muestras de suelo se realizó a una profundidad de 0-15 cm. Se determinó el carbono orgánico total (Walkley y Black, 1934), el contenido en N-Kjeldahl (Hesse, 1971), el P-Olsen (Olsen

et al. 1954) y el potasio extraído con acetato de amonio (K-EAA) 1 M a pH 7 (Richards, 1954). El extracto húmico (EH) de las muestras de suelo fue extraído con pirofosfato de sodio (0,1 M) e hidróxido de sodio (0,1 M). El carbono del extracto húmico total (CEHT) y de los ácidos húmicos (CAH) se determinó por el méto-

do Walkley y Black (1934).

Análisis estadístico

La comparación de los resultados de las distintas variables se efectuó mediante análisis de la varianza ANOVA, considerando como variable independiente los tratamientos y utilizando el test de Tukey.

Resultados y discusión

Los incrementos en MO en el proceso de reconversión al manejo orgánico ocurren lentamente (Werner 1997). No obstante, en este estudio las diferencias de COT entre los tratamientos orgánicos e inorgánicos empezaron a detectarse desde el segundo ciclo de cultivo en ambos tipos de suelos (**cuadro III**), comprobándose la eficacia de la reconversión en el aumento del contenido de MO en el suelo. Numerosos autores han encontrado aumentos de la MO del suelo después de la incorporación de compost (Melero *et al.*, 2006), lo cual es importante debido al bajo contenido en MO que presentan los suelos agrícolas (Costa *et al.*, 1991).

En el último ciclo de cultivo del experimento Tomejil se observó un aumento en el contenido de COT en los tres tratamientos, siendo este aumento más notable en los tratamientos orgánicos. Dicho aumento se atribuye a la entrada de carbono orgánico procedente de los restos del cultivo anterior, una leguminosa. La utilización de leguminosas aporta al suelo materia orgánica enriqueciéndolo de nutrientes disponibles para los cultivos posteriores (Ashraf *et al.*, 2004).

Los suelos fertilizados orgánicamente presentaron un mayor contenido en sustancias húmicas respecto a los fertilizados inorgánicamente, en ambos tipos de suelo (**cuadro IV**).

De entre los dos compost utilizados, el estiércol compostado fue el que mostró más efectividad en el aumento de la cantidad y calidad de la MO, en ambos tipos de suelo, lo cual es debido al mayor aporte de COT y sustancias húmicas realizado con el estiércol compostado con respecto al compost vegetal (**cuadro III**).

Por otra parte se observó que el suelo arcilloso mostró incrementos en COT y sustancias húmicas superiores a los obtenidos en el suelo franco, lo cual pudo estar relacionado con la menor entrada de agua y/o con la diferente textura de los suelos.

Cuadro III.

Valores medios del carbono orgánico total y nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) en el suelo.

| LAS TORRES | | | | | |
|------------|-------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Cultivo | Tratamiento | COT (g kg ⁻¹) | Kjeldahl-N (g kg ⁻¹) | Olsen-P (mg kg ⁻¹) | K-EAA (mg kg ⁻¹) |
| Patata | C | 7,74 a | 0,86 a | 17,7 a | 290 a |
| | O1 | 7,80 a | 0,92 a | 13,5 a | 264 a |
| | O2 | 8,20 a | 0,93 a | 16,6 a | 300 a |
| Lechuga | C | 8,10 a | 0,97 a | 23,0 ab | 241 ab |
| | O1 | 9,78 b | 1,00 a | 14,0 a | 217 a |
| | O2 | 9,80 b | 1,10 a | 24,6 b | 288 b |
| Zanahoria | C | 7,60 a | 0,99 a | 23,2 b | 464 b |
| | O1 | 9,10 b | 1,08 a | 11,7 a | 324 a |
| | O2 | 10,5 b | 1,20 a | 32,7 c | 510 b |
| Espinaca | C | 8,30 a | 0,90 a | 36,4 ab | 419 a |
| | O1 | 12,2 b | 1,20 b | 27,0 a | 403 a |
| | O2 | 13,3 b | 1,20 b | 47,0 b | 486 a |
| Tomate | C | 8,50 a | 0,96 a | 18,0 a | 386 a |
| | O1 | 13,5 b | 1,50 b | 30,0 a | 409 a |
| | O2 | 14,0 b | 1,60 b | 62,0 b | 527 b |
| TOMEJIL | | | | | |
| Cultivo | Tratamiento | COT (g kg ⁻¹) | Kjeldahl-N (g kg ⁻¹) | Olsen-P (mg kg ⁻¹) | K-EAA (mg kg ⁻¹) |
| Girasol | C | 9,87 a | 1,15 ab | 16,0 a | 613 ab |
| | O1 | 10,0 a | 1,05 a | 9,20 a | 580 a |
| | O2 | 13,0 b | 1,27 b | 26,8 c | 694 b |
| Trigo | C | 10,1 a | 1,07 a | 13,7 a | 612 a |
| | O1 | 12,5 b | 1,21 b | 26,7 b | 703 b |
| | O2 | 12,8 b | 1,35 c | 29,2 a | 746 b |
| Lenteja | C | 9,63 a | 1,06 a | 9,71 a | 508 a |
| | O1 | 11,3 b | 1,06 a | 16,8 b | 558 a |
| | O2 | 12,0 b | 1,22 a | 16,1 b | 538 a |
| Trigo | C | 13,2 a | 1,23 a | 27,6 a | 574 a |
| | O1 | 22,1 b | 1,90 ab | 70,7 b | 577 a |
| | O2 | 23,5 b | 2,20 b | 77,5 b | 610 a |

C: fertilización inorgánica ; O1: compost vegetal; O2: estiércol compostado; COT: carbono orgánico total; Kjeldahl-N: nitrógeno Kjeldahl; Olsen-P: fósforo disponible; K-EAA: potasio extraído con acetato de amonio.

Valores de los diferentes parámetros en la misma columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente (p < 0,05).



El compost vegetal se obtuvo mediante un sistema de compostaje de restos de cultivos, podas y césped.

La entrada de nitrógeno orgánico conlleva el proceso de mineralización en el cual se produce nitrato y amonio soluble que constituyen las formas de nitrógeno disponibles para las plantas. En general, al final del estudio los valores de N-Kjeldahl en ambos tipos de suelo fueron superiores en los suelos fertilizados orgánicamente respecto a los suelos fertilizados inorgánicamente (**cuadro III**). El aumento de nitrógeno en suelos en los que se han hecho aportes orgánicos está ampliamente constatado (Melero *et al.*, 2006), lo cual implica también una mejora en la fertilidad del suelo en tanto en cuanto aumenta la reserva de nitrógeno, un nutriente fundamental para el desarrollo de los cultivos y la población microbiana.

En el último ciclo de cultivo del experimento Tomejil, al igual que sucedía con la MO, se observó un aumento en el contenido de nitrógeno en todos los tratamientos, siendo este aumento más notable en los tratamientos orgánicos. Dicho aumento se atribuye a la entrada de nitrógeno orgánico procedente de los restos de la leguminosa. El aumento de nitrógeno en el suelo procedente de los restos de cultivo cuando se cultiva una leguminosa es un hecho constatado por diversos autores (Ashraf *et al.*, 2004).

El fósforo es uno de los elementos fertilizantes más valorados en su utilización agronómica. La disminución de la disponibilidad de fósforo en el suelo es principalmente debida a los procesos de adsorción y precipitación. En general, aunque los suelos fertilizados orgánicamente recibieron un menor aporte de fósforo que los fertilizados inorgánicamente (**cuadro I**) se observó, en ambos tipos de suelo, una mayor disponibilidad de fósforo en los suelos bajo manejo orgánico (**cuadro III**).

El aumento de los contenidos de P-Olsen en los suelos tratados con compost ha sido un hecho observado por numerosos autores (Clark *et al.*, 1998). No obstante, la principal causa que reduce la disponibilidad de fósforo en los suelos calcáreos, como

Cuadro IV.

Valores medios de las sustancias húmicas al inicio y final del periodo de experimentación.

| LAS TORRES | | | |
|---------------------------|-------------|----------|--------|
| | Tratamiento | Comienzo | Final |
| CEH (g kg ⁻¹) | C | 2,69 | 3,15 a |
| | O1 | | 4,50 b |
| | O2 | | 5,13 b |
| CAH (g kg ⁻¹) | C | 1,47 | 1,68 a |
| | O1 | | 2,32 b |
| | O2 | | 3,08 b |

| TOMEJIL | | | |
|---------------------------|-------------|----------|--------|
| | Tratamiento | Comienzo | Final |
| CEH (g kg ⁻¹) | C | 3,10 | 5,56 a |
| | O1 | | 8,45 b |
| | O2 | | 10,0 b |
| CAH (g kg ⁻¹) | C | 2,00 | 3,14 a |
| | O1 | | 5,13 b |
| | O2 | | 5,87 b |

C: fertilización inorgánica; O1: compost vegetal; O2: estiércol compostado; CEH: carbono del extracto húmico; CAH: carbono de los ácidos húmicos. Valores con diferente letra difieren significativamente ($p < 0,05$) en cada periodo de muestreo.

son los suelos de este estudio, es la formación de precipitados insolubles de fosfatos cálcicos (Braschi *et al.*, 2003). Sin embargo, en los suelos calcáreos la adición de MO incrementa su disponibilidad (Braschi *et al.*, 2003), al favorecer la formación de complejos fosfohumatos reduciendo la insolubilización del fósforo en el suelo.

Por otra parte, el suelo arcilloso presentó incrementos superiores de fósforo a los obtenidos en el suelo franco estando posiblemente relacionado con el mayor contenido en arcilla de este tipo de suelo, ya que gran parte del fósforo puede estar fijado a los cationes adsorbidos en la superficie de los complejos arcillo-húmicos.

Las plantas obtienen el potasio del suelo proveniente de la meteorización de los minerales, directamente de los abonos o fertilizantes y del potasio unido al complejo de cambio de las enmiendas orgánicas. En general en ambos tipos de suelo no se observaron diferencias en los contenidos de potasio entre los tratamientos orgánicos e inorgánicos.

No obstante, en el suelo arcilloso la entrada de potasio a través de los compost fue mayor respecto a la entrada de potasio mediante los fertilizantes minerales. Sin embargo, esta diferente entrada no tuvo una influencia re-

levante en el *pool* de potasio disponible del suelo, sino que éste estuvo principalmente relacionado con el potasio intercambiable en los coloides arcillo-húmicos.

Conclusión

En fincas en proceso de reconversión a la agricultura ecológica, la aplicación de dos tipos de residuos orgánicos, estiércol compostado y compost vegetal a dos suelos con diferente textura (franco y arcilloso) produjo con respecto a los fertilizantes minerales, un aumento de la cantidad y calidad de la materia orgánica, así como un incremento de los contenidos en macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio). En general los resultados nos confirman el efecto positivo del manejo orgánico, aspecto de gran importancia para mejorar la calidad de los suelos agrícolas del área mediterránea, caracterizados por su bajo contenido en materia orgánica y elevada mineralización. ■

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo recibido de la Unión Europea y del Ministerio de Ciencia y Tecnología mediante el proyecto (FEDER AGL00-0493-C02-02) y de la Junta de Andalucía por el proyecto (P.I.A 13.01.1).

BIBLIOGRAFÍA

Existe una amplia bibliografía a disposición de nuestros lectores en: redaccion@eumedia.es



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