

Efecto del tipo de fertilización sobre la actividad biológica del suelo en reconversión a la agricultura ecológica

R. Albiach, A. Gómez, F. Pomares y R. Canet.

Dpto. de Recursos Naturales. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Apartado Oficial. 46113 Moncada (Valencia).

ABSTRACT

The results of two experiments in which the levels of alkaline phosphatase and dehydrogenase activities and organic matter contents in soil were studied after the application of three treatments of fertilization, organic, organic-mineral and mineral, are presented and discussed in this article.

The experimental plots are located at the Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias farm at Moncada (Valencia) and at the experimental estate of the Fundación Caja Rural Valencia at Paiporta (Valencia). In both trials, plots corresponding to organic fertilization were managed under strictly organic techniques, whereas the rest of plots were managed according conventional procedures.

The results obtained showed different effects of each treatment on the enzymatical activities and organic matter content in soil, the differences reaching statistical significance in many cases. These results depended on, nevertheless, the experiment, parameter studied and year considered.

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en el segundo y tercer año de reconversión en dos parcelas experimentales, en las que se han estudiado las actividades enzimáticas deshidrogenasa y fosfatasa alcalina, así como el contenido de materia orgánica del suelo, tras la aplicación de tres tipos de fertilización: orgánica, organo-mineral y mineral.

Las parcelas experimentales se encuentran situadas en el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias en Moncada (Valencia) y en la finca experimental de la Fundación Caja Rural Valencia en Paiporta (Valencia). En ambos ensayos las parcelas con fertilización orgánica se manejaron según las técnicas de cultivo ecológico, mientras que aquellos con fertilización mineral y el testigo llevaron un manejo convencional.

Los resultados obtenidos muestran un efecto diferenciado del tipo de manejo sobre las actividades enzimáticas y el contenido de materia orgánica del suelo, encontrándose en algunos de los casos diferencias estadísticamente significativas. Se incluyen también los resultados correspondientes a la producción de ambos ensayos en las dos campañas estudiadas y su relación tanto con las actividades enzimáticas como con el contenido de materia orgánica de los suelos estudiados.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se ha desarrollado un especial interés en el estudio de la actividad biológica del suelo dada la gran influencia de ésta tanto en el desarrollo de los diferentes procesos que en él tienen lugar como en la formación y mantenimiento de su estructura.

Una de las herramientas más utilizadas en el estudio de la actividad biológica del suelo es la determinación de actividades enzimáticas: todos los procesos biológicos de producción y descomposición de materiales, desde los más sencillos a los más complejos, son catalizados por enzimas con lo que de la valoración de diversas actividades enzimáticas se puede obtener información a dos niveles: general, acerca del funcionamiento del ecosistema edáfico, y específica, acerca de los ciclos de los elementos en los que las actividades estudiadas están envueltas.

En el caso particular de la Agricultura Ecológica, donde buena parte de la fertilización de los cultivos se confía tanto a la fijación biológica de los nutrientes como a la descomposición de la materia orgánica así producida o bien añadida, el conocimiento detallado del estado funcional de estos procesos es clave para conocer la fertilidad real o potencial del suelo cultivado y asegurarse así los mejores resultados posibles.

El objetivo de nuestro trabajo fue evaluar la influencia del tipo de fertilización y del manejo en los niveles de dos actividades enzimáticas: la deshidrogenasa, que da una buena indicación del funcionamiento general del metabolismo del suelo, y la fosfatasa alcalina, directamente involucrada en el ciclo del fósforo, y su posible relación con el contenido de materia orgánica del suelo y con la producción de las parcelas estudiadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se han realizado en dos parcelas experimentales de hortícolas situadas en el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias en Moncada (Valencia) y en la finca de la Fundación Caja Rural Valencia en Paiporta (Valencia).

| Tratamiento | Abonado de fondo | Abonado de cobertera |
|--|--|---|
| Ensayo 1 (Moncada) | | |
| Testigo (FM ₀) | 90 UF P ₂ O ₅ 90 UF K ₂ O (superfosfato y sulfato potasa) | |
| Fertilización Mineral (FM ₂) | 90 UF N 90 UF P ₂ O ₅ 90 UF K ₂ O (complejo 15-15-15) | 270 UF N en 3 aplicaciones (una de sulfato amónico y dos de nitrato amónico) |
| Estiércol+fertilización mineral (E ₁ +FM ₁) | 19,1 t/ha* estiércol ovino | 50 % dosis tratamiento FM ₂ |
| Gallinaza+fertilización mineral (G ₁ +FM ₁) | 6,7 t/ha* gallinaza | 50 % dosis tratamiento FM ₂ |
| Estiércol (E ₂) | 38,2 t/ha estiércol ovino | |
| Gallinaza (G ₂) | 13,4 t/ha gallinaza | |
| Ensayo 2 (Paiporta) | | |
| Fertilización Mineral (FM ₂) | Igual que ensayo 1 | Igual que ensayo 1 |
| Estiércol+fertilización mineral (E ₁ +FM ₁) | Igual que ensayo 1 | Igual que ensayo 1 |
| Estiércol (E ₂) | Igual que ensayo 1 | Igual que ensayo 1 |

Tabla 1. Dosis de fertilizantes aportadas en los ensayos.

* Las dosis de estiércol y gallinaza están referidas a materia seca.

| Característica | Ensayo 1 (Moncada) | Ensayo 2 (Paiporta) |
|---------------------------------------|--------------------|---------------------|
| Suelo (0-15 cm) | | |
| Clase | Xerorthent | Xerochrepts |
| Textura | Franco-arenosa | Franca |
| pH (1: 2,5) | 8,0 | 7,9 |
| CO ₂ -Ca (%) | 4,4 | 22,8 |
| Materia orgánica (%) | 1,25 | 1,73 |
| N orgánico (%) | 0,068 | 0,093 |
| NO ₃ ⁻ -N (ppm) | 38,0 | 50,0 |
| Relación C/N | 10,6 | 11,0 |
| P (Olsen) (ppm) | 45,0 | 46,0 |
| K (acetato amónico) (ppm) | 273,0 | 285,0 |
| Agua de riego | | |
| Conductividad eléctrica (dS/m) | 1,37 | 2,49 |
| NO ₃ ⁻ (mg/l) | 96,0 | 52,0 |

Tabla 2. Características físico-químicas del suelo y agua de riego.

| Característica | Estiércol de ovino | Gallinaza |
|---|--------------------|-----------|
| Materia orgánica (%) | 50,7 | 72,4 |
| Nitrógeno orgánico (%) | 2,37 | 3,72 |
| Nitrógeno nítrico, N-NO ₃ ⁻ (ppm) | 2495 | 5012 |
| Nitrógeno amoniacal, N-NH ₄ ⁺ (ppm) | 152 | 165 |
| Relación C/N | 11,2 | 9,9 |
| pH | 8,0 | 7,1 |
| Fósforo, P ₂ O ₅ (%) | 1,17 | 4,88 |
| Potasio, K ₂ O (%) | 3,29 | 3,20 |

Tabla 3. Características químicas del estiércol y de la gallinaza.

Los tratamientos realizados en ambos ensayos se muestran en la Tabla 1, las características del suelo en la Tabla 2, y las del estiércol y gallinaza utilizados en la Tabla 3. Los cultivos realizados durante el periodo de muestreo fueron alcachofa (var. Blanca de Tudela) y lechuga (var. Valladolid).

El diseño experimental de los ensayos ha sido de bloques al azar, con seis tratamientos y tres repeticiones con parcelas experimentales de 10 x 7,5 m en el caso del ensayo de Moncada, y con tres tratamientos y cuatro repeticiones, en el caso del ensayo de Paiporta, con parcelas experimentales de 11 x 7 m. Las parcelas con tratamiento orgánico fueron manejadas mediante técnicas de agricultura ecológica, mientras que aquellas con tratamiento mineral y el testigo lo fueron con técnicas convencionales.

Las muestras de suelo se tomaron de 0 a 15-20 cm de profundidad, correspondientes a la capa arable, en las dos parcelas experimentales, empleando las técnicas habituales de muestreo. El primer muestreo se realizó en septiembre de 1997 y el segundo en enero de 1998. Las muestras se secaron al aire, se trituraron y se tamizaron a través de una malla de 2 mm de diámetro.

La materia orgánica de las muestras se determinó aplicando el método oficial de análisis del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 1986). La actividad deshidrogenasa del suelo se determinó siguiendo el método descrito por Casida *et al.* (1964) y la actividad fosfatasa alcalina, por el método descrito por Tabatabai y Bremner (1969). En ambos casos se determinó la cantidad de producto liberado tras la incubación a 37 °C de muestras de suelo con un sustrato específico (cloruro de trifenilformazán y p-nitrofenil fosfato disodio, respectivamente) y un periodo de tiempo adecuado para cada una de las actividades determinadas.

La significación estadística de los resultados se evaluó mediante análisis de varianza de los mismos considerando tratamientos y bloques como únicas fuentes de variación. Para ello se utilizó el programa Statgraphics Plus 2.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

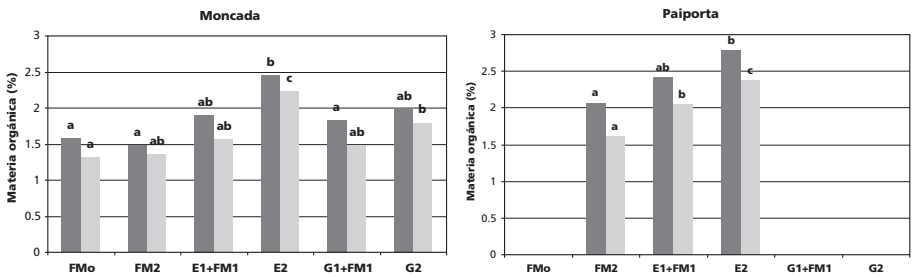


Figura 1. Influencia de los tratamientos sobre el contenido de materia orgánica en el suelo. (■ Muestreo 1 □ Muestreo 2)
Las columnas con la misma letra no son estadísticamente diferentes al nivel del 5%.

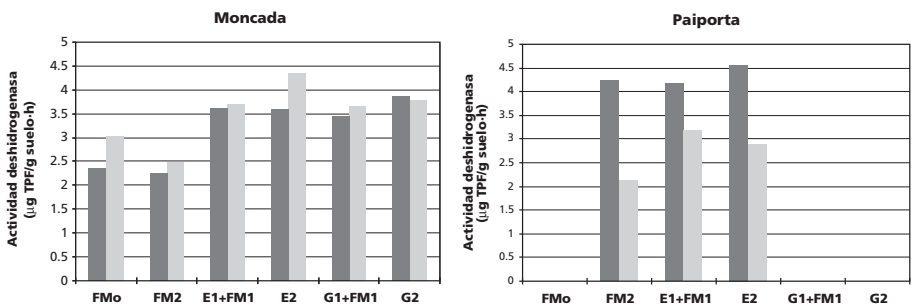


Figura 2. Influencia de los tratamientos sobre la actividad deshidrogenasa en el suelo. (■ Muestreo 1 □ Muestreo 2)
Las columnas con la misma letra no son estadísticamente diferentes al nivel del 5%.

En la Figura 1 se muestran las gráficas correspondientes a los valores de materia orgánica encontrados en ambos ensayos y para los dos muestreos realizados. Se observó

un efecto estadísticamente significativo de los tratamientos sobre el contenido de materia orgánica del suelo en los dos muestreos, siendo los valores más elevados los encontrados en tratamientos orgánicos. En ambos ensayos y en dos muestreos fue el estiércol el que mayor porcentaje de materia orgánica aportó, debido también a la mayor dosis aplicada. El efecto de los tratamientos fue similar para ambos muestreos en los dos ensayos, de ahí que se observe una alta correlación en los mismos ($r= 0,93$ al 99,9% de probabilidad en el ensayo de Moncada, y $r= 0,86$ al 99% de probabilidad en el ensayo de Paiporta).

El efecto de los tratamientos sobre la actividad deshidrogenasa del suelo no resultó estadísticamente significativo en ninguno de los dos ensayos, en ninguno de los muestreos realizados (Figura 2). Sin embargo, se vieron ciertas tendencias del efecto positivo de los tratamientos sobre dicha actividad, lo que está de acuerdo con lo encontrado por Bolton *et al.* (1985) y por Beyer *et al.* (1992) en sus ensayos, encontrando el primero de ellos diferencias estadísticamente significativas. Así, en el ensayo de Moncada se vio que los valores obtenidos para los tratamientos orgánicos fueron ligeramente superiores a los minerales, sugiriéndose la bonanza del abonado orgánico para la actividad biológica del suelo. En ambos muestreos el efecto fue similar, encontrándose una correlación alta ($r= 0,80$ al 99,9% de probabilidad). En el ensayo de Paiporta, si bien en el primer muestreo se observó una actividad ligeramente superior en el tratamiento orgánico, no ocurrió lo mismo en el segundo muestreo, cuyo valor más elevado fue para el tratamiento organo-mineral, por lo que no se observó una correlación significativa entre los dos muestreos realizados.

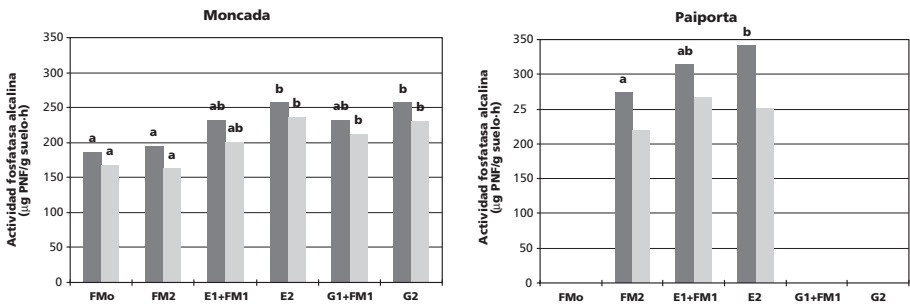


Figura 3. Influencia de los tratamientos sobre la actividad fosfatasa alcalina en el suelo. (■ Muestreo 1 ■ Muestreo 2) Las columnas con la misma letra no son estadísticamente diferentes al nivel del 5%.

El efecto de los tratamientos sobre la actividad fosfatasa alcalina del suelo resultó estadísticamente significativa en el ensayo de Moncada para los dos muestreos realizados, y para el primer muestreo del ensayo de Paiporta (Figura 3), lo cual también está de acuerdo con lo encontrado tanto por Bolton *et al.* (1985) como por Beyer *et al.* (1992). En el primer muestreo del ensayo de Moncada los resultados correspondientes a los tratamientos orgánicos fueron estadísticamente diferentes a los de los tratamientos minerales, y en el segundo además también lo fueron los del tratamiento organo-mineral con gallinaza. No parece así que el mucho mayor nivel de fósforo de la gallinaza dé lugar a ningún efecto sobre la actividad fosfatasa diferente del estiércol. Se observó un coeficiente de correlación estadísticamente significativo de $r= 0,73$ al 99,9% de probabilidad entre ambos muestreos. En el ensayo de Paiporta se volvió a observar lo encontrado para la actividad deshidrogenasa, esto es, en el primer muestreo se observa una mayor actividad biológica con el tratamiento orgánico, que en este caso alcanza significación estadística, mientras que en el segundo muestreo es el tratamiento organo-mineral el que da lugar a una mayor actividad. De esta disparidad de efectos se deriva que no se observe una correlación significativa entre los dos muestreos realizados.

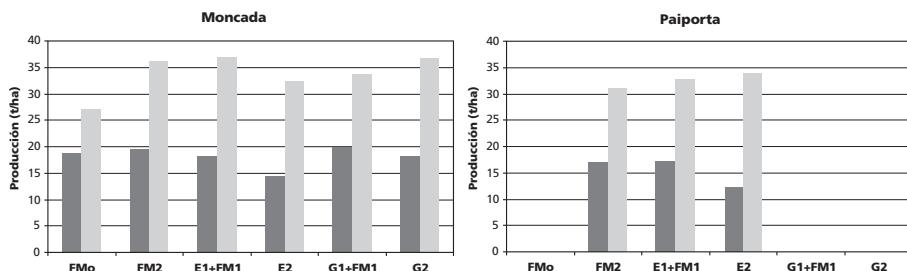


Figura 4. Influencia de los tratamientos sobre la producción

(■ Alcachofas ■ Lechugas)

Las columnas con la misma letra no son estadísticamente diferentes al nivel del 5%.

El efecto de los tratamientos sobre la producción de alcachofas (Figura 4) no fue significativo en el ensayo de Moncada, pero sí en el ensayo de Paiporta, observándose en ambos casos un descenso de la producción en el tratamiento orgánico con respecto al testigo en el caso del ensayo de Moncada, y con respecto a la fertilización mineral en el caso del ensayo de Paiporta. Esto mismo fue encontrado en la primera campaña de reconversión en estas parcelas (Pomares *et al.*, 1996). No ocurrió lo mismo en el caso de la producción de lechugas, ya que en ambos ensayos, y pese a que no se alcanzó significación estadística, se observó un ligero aumento de la producción en todos los tratamientos con respecto al testigo en el caso del ensayo de Moncada, y con respecto a la fertilización mineral en el caso del ensayo de Paiporta. No se encontró correlación significativa entre las producciones correspondientes a los dos años en ninguno de los dos ensayos.

En la Tabla 4 se muestran los coeficientes de correlación observados entre los parámetros estudiados. Se puede observar que ambas actividades enzimáticas están correlacionadas fuertemente en el ensayo de Moncada, pero no ocurre lo mismo en el primer muestreo del ensayo de Paiporta. En cuanto al contenido de materia orgánica del suelo podemos ver que en ninguno de los ensayos la correlación con la actividad deshidrogenasa es significativa, mientras que no ocurre lo mismo con la actividad fosfatasa alcalina, puesto que sí existe correlación significativa en el primer muestreo. Se puede observar que la correlación de la producción de alcachofas con el resto de parámetros siempre fue negativa, alcanzando significación estadística tan sólo con la actividad deshidrogenasa en Moncada y con el contenido de materia orgánica del suelo en Paiporta. En el caso de la producción de lechugas, se correlacionó positivamente con los otros parámetros, siendo dicha correlación significativa tan sólo con las actividades enzimáticas del suelo del ensayo de Paiporta.

| | Deshidrogenasa | Fosfatasa alcalina | Materia orgánica |
|-----------------------|----------------|--------------------|------------------|
| Muestreo 1 | | | |
| Fosfatasa alcalina | 0,91*** | | |
| Materia orgánica | 0,44 | 0,70** | |
| Producción alcachofas | - 0,48* | - 0,42 | - 0,25 |
| | - 0,28 | - 0,51 | - 0,70* |
| Muestreo 2 | | | |
| Fosfatasa alcalina | 0,73*** | | |
| Materia orgánica | 0,43 | 0,71** | |
| Producción lechugas | 0,16 | 0,27 | 0,02 |
| | 0,68* | 0,75** | 0,23 |

CONCLUSIONES.

Como podría ser previsible, no pueden extraerse conclusiones definitivas tras sólo tres años de manejo ecológico de las parcelas. No obstante, parece razonable considerar que existe una clara tendencia a una mejora en la calidad y fertilidad potencial del suelo de ambas, puesta de manifiesto por el aumento del contenido de materia orgánica, así como el incremento, aunque no significativo en ambos casos, de las actividades enzimáticas estudiadas indicadoras de la existencia de una mayor actividad biológica, algo esencial en el cultivo ecológico debido a su responsabilidad en la provisión de nutrientes y estructura a los agrosistemas.

Aunque un aumento de los rendimientos a corto plazo no es el único efecto deseable de la reconversión a la agricultura ecológica y aspectos como la mayor calidad de la producción y la protección del agrosistema son más importantes, cabe esperar que tras varios años más de manejo se puedan observar efectos más marcados por parte de los tratamientos y mejores correlaciones entre las producciones y los parámetros edáficos estudiados.

REFERENCIAS

- Beyer, L., Wachendorf, C., Balzer, F.M. y Balzer-Graf, U.R. 1992. The use of biological methods to determine the microbiological activity of soils under cultivation. *Biol. Fertil. Soils*, **1-3**: 242-247.
- Bolton Jr, H., Elliott, L.F., Papendick, R.I. y Bexdick, D.F. 1985. Soil microbial biomass and selected soil enzyme activities: Effect of fertilization and cropping practices. *Soil Biol. Biochem.*, **17**: 297-302.
- Casida L. E., Klein, D.A. y Santoro, T. 1964. Soil dehydrogenase activity. *Soil Sci.*, **98**: 371-376.
- MAPA 1986. Métodos oficiales de Análisis. Tomo III (Plantas, productos orgánicos fertilizantes, suelos, aguas, productos fitosanitarios, fertilizantes inorgánicos). Madrid.
- Pomares, F., Gómez, A., Torres, C., Estela, M., Tarazona, F., Verdú, M.J., Campos, T. y García, M.J. 1996. Efectos de diferentes tipos de fertilización sobre la alcachofa en reconversión a cultivo ecológico. En: *Agricultura Ecológica y Desarrollo Rural. Actas del II Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica*. Pamplona-Iruña, septiembre de 1996. Pp 395-404.
- Tabatabai, M. A. y Bremner, J. M. 1969. Use of p-nitrophenol phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biol. Biochem.*, **1**: 301-307.