

Actividades enzimáticas como índices de la actividad biológica del suelo en huertos ecológicos de cítricos

R. Albiach, F. Pomares & R. Canet

*Dpto. Recursos Naturales. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (I.V.I.A.)
Apto. Oficial. 46113. Moncada (Valencia)*

ABSTRACT

Because of the great significance of biological activity on soil structure and biochemical processes, especially in those under organic agriculture, its determination can provide useful information regarding their condition of fertility. Measurements of enzyme activities and biomass are widespread tools used to evaluate soil biological activity.

With this purpose, biological activity of soil is being investigated in several citrus orchards located at the Valencian Community, and the values obtained in those under organic agriculture are being compared with those obtained in conventionally-managed orchards. Thus, both microbial biomass in soil and a series of enzyme activities related to the cycles of plant nutrients and to the general metabolic rate of soil microorganisms, have been measured. These enzyme activities studied were urease, dehydrogenase, alkaline phosphatase, phosphodiesterase and arylsulfatase.

Results obtained during the first year of comparative study show that organic farming of citrus orchards give rise to a significant increase of all parameters studied, both organic matter and biomass contents and the several enzyme activities, compared to those measured in conventionally-managed orchards.

RESUMEN

Dada la gran importancia de la actividad biológica en la estructura y los procesos bioquímicos de los suelos, especialmente en los que se aplican técnicas de agricultura ecológica, su determinación puede proporcionar una valiosa información acerca de su estado de fertilidad. La medida de las actividades enzimáticas, así como la determinación de la biomasa son una herramienta ampliamente empleada en la valoración de esta actividad biológica del suelo.

Con esa finalidad se está investigando la actividad biológica del suelo en diversos huertos de cítricos situados en la Comunidad Valenciana, comparando los valores obtenidos en aquellos donde se lleva a cabo un manejo ecológico frente a los obtenidos con un manejo convencional.

Para ello se ha cuantificado el contenido de biomasa microbiana en el suelo, así como una serie de actividades enzimáticas relacionadas con los ciclos de los nutrientes esenciales y con el ritmo metabólico general de los microorganismos del mismo. Estas actividades enzimáticas estudiadas son la ureasa, la deshidrogenasa, la fosfatasa alcalina, la fosfodiesterasa y la aril-sulfatasa.

Los resultados obtenidos en el primer año del estudio comparativo muestran que el manejo ecológico de los huertos de cítricos frente al manejo convencional provoca un significativo aumento en todos los parámetros estudiados, tanto en la materia orgánica y biomasa como en las diversas actividades enzimáticas.

INTRODUCCIÓN

Es bien sabido que no debe considerarse al suelo como un soporte inerte donde se desarrollan nuestros cultivos, sino más bien como un medio vivo donde interactúa una serie de organismos provocando cambios físicos, químicos y físico-químicos, por lo que el estudio de la actividad biológica del suelo resulta de gran importancia en la evaluación de su fertilidad y capacidad productiva.

La mayor parte de la actividad biológica del suelo proviene de los microorganismos que viven en él (Ladd, 1978) debido a la gran cantidad de biomasa a la que dan lugar y a su elevada actividad metabólica. Así, la biomasa del suelo juega un papel muy importante en su fertilidad, no sólo debido a su capacidad para llevar a cabo transformaciones bioquímicas, sino además como fuente y destino final de los nutrientes minerales (Jenkinson & Ladd, 1981).

La actividad enzimática del suelo es un punto clave de los ciclos de los nutrientes, por ello la medida de las actividades enzimáticas específicas junto con el uso de parámetros generales del suelo pueden ser de gran ayuda para evaluar el estado de actividad biológica del suelo y conocer la respuesta del mismo a las distintas prácticas de cultivo (Nannipieri *et al.*, 1990). En esta valoración se ha empleado una serie amplia de actividades enzimáticas, pero pueden destacarse algunas debido a su gran importancia general o a que se relacionan de manera directa con los ciclos de los nutrientes de mayor interés en el campo de la agricultura. Entre éstas destacan la actividad deshidrogenasa, indicadora general de la actividad metabólica del suelo, la fosfatasa alcalina y la fosfodiesterasa, relacionadas con el ciclo del fósforo, la ureasa, relacionada con el ciclo del nitrógeno y la arilsulfatasa, relacionada con el del azufre.

Así, los objetivos de nuestro trabajo fueron estudiar el contenido de biomasa y distintas actividades enzimáticas del suelo de diversas parcelas de cítricos cultivadas mediante técnicas de agricultura ecológica y comparar los resultados obtenidos en parcelas similares de las mismas zonas, pero manejadas de manera convencional. De esta manera se podrán comprobar las modificaciones debidas al tipo de manejo, así como evaluar su incidencia en la fertilidad del suelo.

Tabla 1. Contenido de materia orgánica y biomasa microbiana del suelo.

Muestra	Manejo	Materia orgánica (%)	Biomasa-C (µg Corg/g)
1	convencional	2,39	163,6
	<i>ecológico</i>	2,56	355,7
2	convencional	1,58	132,6
	<i>ecológico</i>	2,30	122,0
3	convencional	2,33	62,5
	<i>ecológico</i>	2,52	296,6
4	convencional	1,78	76,5
	<i>ecológico</i>	2,39	267,8
5	convencional	1,43	98,6
	<i>ecológico</i>	3,63	407,3
6	convencional	1,42	83,5
	<i>ecológico</i>	3,59	468,1
7	convencional	1,28	287,9
	<i>ecológico</i>	1,58	342,3
8	convencional	0,61	82,6
	<i>ecológico</i>	2,09	296,1
9	convencional	1,02	98,9
	<i>ecológico</i>	2,46	105,8
10	convencional	2,64	151,7
	<i>ecológico</i>	3,19	195,0
11	convencional	2,38	259,0
	<i>ecológico</i>	3,83	256,3
12	convencional	1,74	476,3
	<i>ecológico</i>	3,66	569,7
13	convencional	2,45	314,8
	<i>ecológico</i>	2,86	520,0

MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras se han tomado de distintas parcelas de cítricos de la Comunidad Valenciana situadas en las poblaciones de Xeresa, Gandia, Ximat, Cheste, Benifayó, Carcaixent, Luchente, Carrícola y Pego, empleando las técnicas usuales de muestreo. Todas las muestras se tomaron de los primeros 15-20 cm del suelo, correspondientes a la capa arable. Dependiendo del parámetro estudiado, las muestras se emplearon en estado húmedo, o bien se secaron al aire, se trituraron y se tamizaron a través de una malla de 2 mm de anchura.

La materia orgánica de las muestras se determinó aplicando el método oficial de análisis del Ministerio de Agricultura (MAPA, 1986).

La biomasa microbiana del suelo se determinó mediante el método de fumigación-extracción (Vance *et al.*, 1987), en el que el suelo se fumiga con cloroformo, lo

cual provoca una lisis de los microorganismos en él contenidos, y deja accesible para su extracción y determinación una fracción representativa de la biomasa microbiana.

Así mismo, se determinaron las actividades enzimáticas: ureasa, por el método descrito por Tabatabai & Bremner (1972), fosfatasa alcalina, siguiendo el método descrito por Tabatabai & Bremner (1969), fosfodiesterasa, mediante el método descrito por Browman & Tabatabai (1978), arilsulfatasa, por el método descrito por Tabatabai & Bremner (1970) y deshidrogenasa, siguiendo el método descrito por Casida *et al.* (1964). En todas ellas se determinó la cantidad de sustancia liberada después de la incubación a 37 °C de un gramo de suelo con un sustrato y durante un periodo de tiempo determinados (distintos según la actividad a ensayo).

La significación estadística de los resultados obtenidos se ha evaluado mediante comparación de medias de valores pareados. Para ello se empleó el programa Statgraphics 7.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se recogen los valores correspondientes al contenido de materia orgánica y biomasa microbiana de las muestras de suelo estudiadas.

Como puede observarse, estos valores fueron claramente superiores (con sólo dos excepciones en el caso de la biomasa) en las parcelas cultivadas mediante técnicas de agricultura ecológica. Por ello, las medias correspondientes al conjunto de parcelas ecológicas fueron significativamente superiores a las correspondientes a las convencionales (Figuras 1 y 2).

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos en la determinación de las distintas actividades enzimáticas de los suelos estudiados.

En el caso de la actividad ureasa (Figura 3), por lo general los valores correspondientes al cultivo ecológico vuelven a ser claramente superiores a los de las parcelas convencionales, aunque observamos que en varias de las parcelas estudiadas no existe una gran diferencia entre los valores obtenidos con cultivo ecológico y los obtenidos con manejo convencional. La diferencia entre las medias es, de nuevo, estadísticamente significativa, aunque sólo con una probabilidad del 95 %.

Los resultados correspondientes al resto de actividades enzimáticas estudiadas (fosfatasa alcalina, fosfodiesterasa, arilsulfatasa y deshidrogenasa) son similares en cuanto a que los valores correspondientes a las parcelas ecológicas, salvo la 3, son claramente más elevadas que los de las parcelas convencionales. De esta manera, las medias correspondientes a las parcelas ecológicas fueron significativamente superiores (Figuras de la 4 a la 7) a las correspondientes a las parcelas convencionales, tal y como se ha observado en todos los parámetros estudiados.

Tabla 2. Actividades enzimáticas del suelo.

Mta	Manejo	Ureasa ($\mu\text{g NH}_4^+$ /g)	Fosfatasa alcalina ($\mu\text{g PNF/g}$) ^a	Fosfodiesterasa ($\mu\text{g PNF/g}$)	Arilsulfatasa ($\mu\text{g PNF/g}$)	Deshidrogenasa ($\mu\text{g TPF/g}$) ^b
1	convencional	23,5	150,7	42,8	36,9	2,6
	<i>ecológico</i>	22,7	285,4	78,5	86,1	4,1
2	convencional	39,1	245,5	49,2	44,2	3,3
	<i>ecológico</i>	79,1	368,2	74,5	66,8	3,7
3	convencional	79,9	399,9	71,4	50,7	4,4
	<i>ecológico</i>	76,2	196,9	50,8	38,2	2,4
4	convencional	41,0	202,2	67,9	28,6	5,0
	<i>ecológico</i>	48,4	209,7	82,0	40,2	6,3
5	convencional	23,2	139,6	38,2	19,3	2,3
	<i>ecológico</i>	69,3	441,2	126,2	119,2	7,4
6	convencional	34,7	219,3	62,0	28,2	5,3
	<i>ecológico</i>	88,0	402,0	122,0	126,8	9,6
7	convencional	26,9	219,1	45,0	27,9	3,5
	<i>ecológico</i>	34,7	243,6	64,2	44,1	6,5
8	convencional	8,1	84,3	16,8	8,8	0,5
	<i>ecológico</i>	68,8	263,5	66,3	54,0	8,0
9	convencional	14,9	97,3	37,8	26,0	1,4
	<i>ecológico</i>	17,2	109,7	50,2	28,8	4,4
10	convencional	45,0	269,0	79,3	51,6	1,4
	<i>ecológico</i>	88,9	329,7	110,6	73,9	2,1
11	convencional	49,3	306,2	98,5	71,4	1,9
	<i>ecológico</i>	97,5	427,5	129,9	92,6	2,3
12	convencional	60,7	198,4	62,1	42,9	2,6
	<i>ecológico</i>	111,8	353,4	88,7	97,0	5,0
13	convencional	117,2	347,5	68,8	58,5	2,2
	<i>ecológico</i>	159,6	387,6	74,1	66,9	3,1

^a PNF : p-nitrofenol

^b TPF : trifenílformazan

CONCLUSIONES

Tras el estudio comparativo del contenido de materia orgánica, de biomasa microbiana y de distintas actividades enzimáticas en diversos huertos de cítricos de la Comunidad Valenciana, se ha podido comprobar cómo aquellos que están cultivados mediante técnicas de agricultura ecológica presentan valores claramente superiores en todos los parámetros estudiados a los de las parcelas de cultivo convencional. Parece claro de esta manera, que el manejo ecológico induce un claro incremento de la actividad biológica del suelo, causado tanto por el aporte de materia orgánica como por el estado de activación biológica en el que ésta se encuentra. Dado el bien conocido hecho de que una adecuada actividad biológica del suelo es un componente fundamental de la fertilidad del mismo, los resultados parecen avalar el interés de las prácticas ecológicas de fertilización en este aspecto.

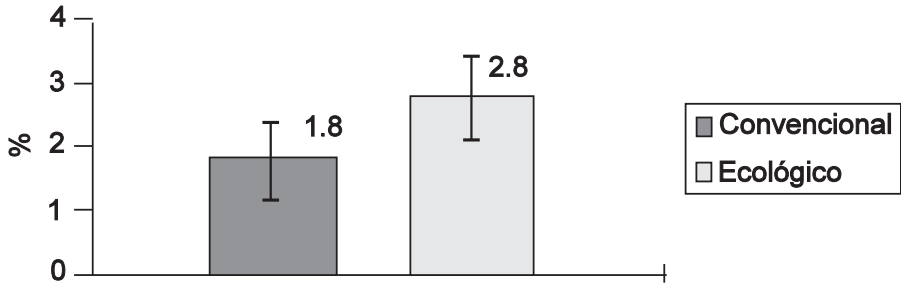


Figura 1. Contenido de materia orgánica del suelo. Valores medios y desviaciones estandar, n=26. Las medias fueron significativamente diferentes con una probabilidad del 99,9 %.

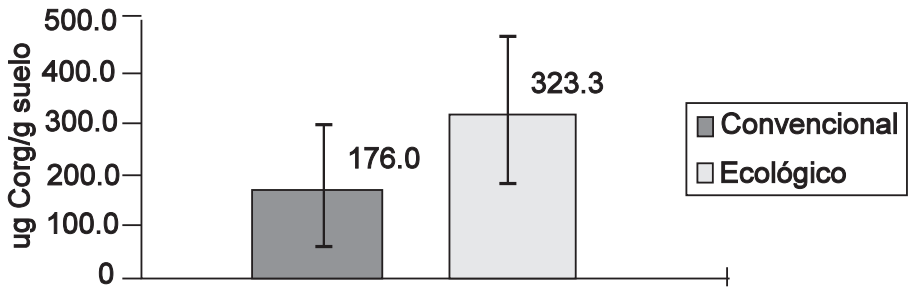


Figura 2. Contenido de biomasa-C microbiana del suelo. Valores medios y desviaciones estandar, n=26. Las medias fueron significativamente diferentes con una probabilidad del 99 %.

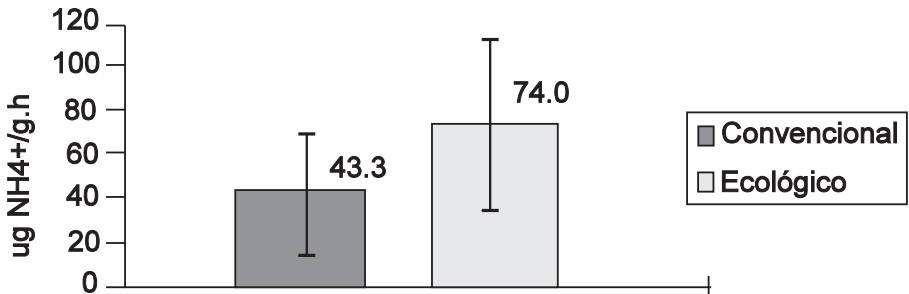


Figura 3. Actividad ureasa del suelo. Valores medios y desviaciones estandar, n=26. Las medias fueron significativamente diferentes con una probabilidad del 95 %.

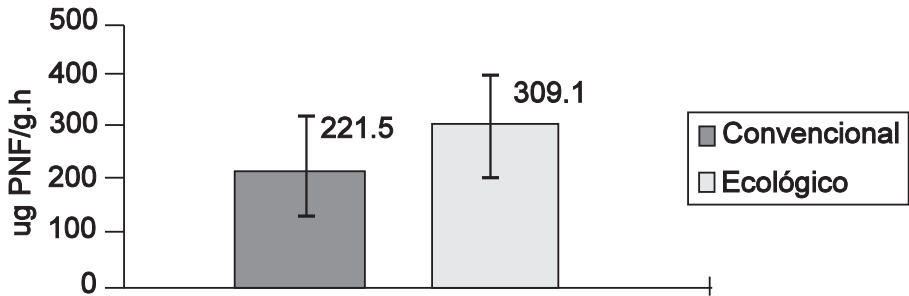


Figura 4. Actividad fosfatasa alcalina del suelo. Valores medios y desviaciones estandard, n=26. Las medias fueron significativamente diferentes con una probabilidad del 95 %.

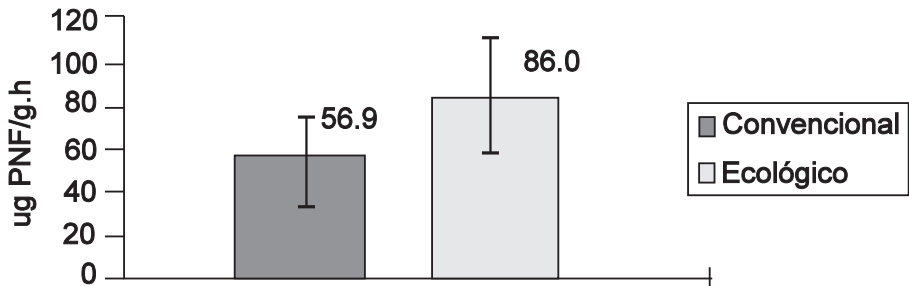


Figura 5. Actividad fosfodiesterasa del suelo. Valores medios y desviaciones estandard, n=26. Las medias fueron significativamente diferentes con una probabilidad del 99 %.

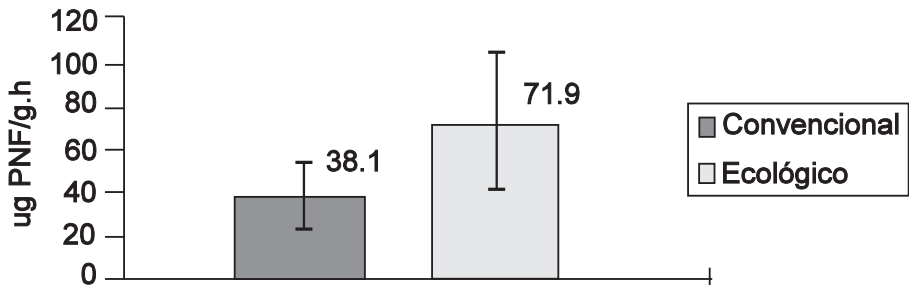


Figura 6. Actividad arilsulfatasa del suelo. Valores medios y desviaciones estandard, n=26. Las medias fueron significativamente diferentes con una probabilidad del 99 %.

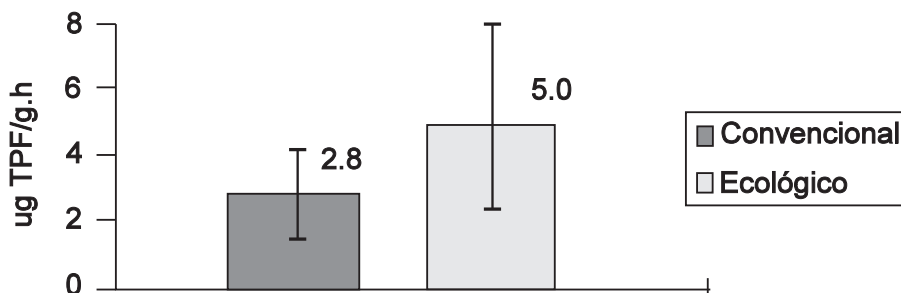


Figura 7. Actividad deshidrogenasa del suelo. Valores medios y desviaciones estandar, n=26. Las medias fueron significativamente diferentes con una probabilidad del 99 %.

REFERENCIAS

- Browman, M.G. & Tabatabai, M.A., 1978. Phosphodiesterase activity of soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42, 284-290.
- Casida, L.E., Klein, D.A. & Santoro, T., 1964. Soil dehydrogenase activity. *Soil Sci.* 98, 371-376.
- Jenkinson, D.S. & Ladd, J.N., 1981. *Microbial biomass in soil: measurement and turnover*. En *Soil Biochemistry* (E.A.Paul & J.N.Ladd, eds.), Dekker, New York, Vol. 5, 415-471 pp.
- Ladd, J.N., 1978. *Origin and range of enzymes in soil*. En *Soil Enzymes* (R.G. Burns, ed.), Academic Press, New York, 51-96 pp.
- MAPA, 1986. *Métodos Oficiales de Análisis. Tomo III (Plantas, productos orgánicos fertilizantes, suelos, aguas, productos fitosanitarios, fertilizantes inorgánicos)*. Madrid.
- Nannipieri, P., Greco, S. & Ceccanti, B., 1990. *Ecological significance of biological activity in soil*. En *Soil Biochemistry* (Bollag, J.M. & Stotzky, G., eds.), Marcel Dekker Inc., New York Basel, Vol. 6, 293-255 pp.
- Tabatabai, M.A. & Bremner, J.M., 1969. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biol. Biochem.* 1, 301-307.
- Tabatabai, M.A. & Bremner, J.M., 1970. Arylsulfatase activity of soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34, 225-229.
- Tabatabai, M.A. & Bremner, J.M., 1972. Assay of urease activity in soils. *Soil Biol. Biochem.* 4, 479-487.
- Vance, E.D., Brookes, P.C. & Jenkinson, D.S., 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 19, 703-707.