

Dinámica estacional de la biomasa microbiana y actividades enzimáticas en suelos agrícolas mediterráneos: manejo convencional vs. ecológico

Seasonal dynamics of microbial biomass and enzymatic activities in Mediterranean agricultural soils: conventional vs. ecological management

G. Alejandro Durán-Román¹, Daniel Sacristán², Isabel Sastre-Conde³ & Jaume Vadell^{4,*}

¹ Servei de Millora Agrària i Pesquera (IRFAP-SEMILLA) C/ Eusebi Estada, 145, E-07009, Palma, España

² Universitat de València C/ Doctor Moliner, 50, E-46100, Burjassot, España

³ Servei de Millora Agrària i Pesquera (SEMILLA) C/ de Babieca, 2, E-07198, Palma, España

⁴ Universitat de les Illes Balears Cra. Valldemossa, km7, 5, E-07122, Palma, España

(*E-mail: jaume.vadell@uib.es)

<https://doi.org/10.19084/rca.28486>

RESUMEN

Con el fin de reducir el impacto ambiental causado por los fertilizantes de origen mineral, el sector vitivinícola se dirige hacia un modelo sostenible. El uso de fertilizantes orgánicos es una práctica común en el avance hacia este modelo de gestión, aportando materia orgánica al suelo y repercutiendo en la mejora de las características físico-químicas y biológicas de éste. Además, también han de ser capaces de aportar el nitrógeno necesario para el correcto desarrollo del cultivo. Para comparar el efecto de un fertilizante mineral frente a un fertilizante orgánico en suelo, se realizó un seguimiento estacional de la cantidad de nitratos, y diferentes parámetros biológicos relacionados con el C y el N (carbono y nitrógeno de la biomasa microbiana, hidrólisis del diacetato de fluoresceína y las actividades β -glucosidasa y β -galactosidasa) en una parcela convencional y una ecológica en un viñedo comercial en Mallorca. Los resultados tras dos años de aplicación mostraron que el efecto de las aplicaciones (mineral y orgánica) provocaron tendencia a aumentar los valores de las variables biológicas gracias al aporte de nutrientes, siendo más notable el efecto del fertilizante mineral sobre su control.

Palabras clave: Fertilidad de suelo, Viticultura, Indicadores biológicos, Microbiología del suelo.

ABSTRACT

To reduce the environmental impact caused by fertilizers of mineral origin, the wine sector is moving towards a sustainable model. The use of organic fertilizers is a common practice in the progress towards this management model, contributing to soil organic matter increase and impacting on the improvement of its physical-chemical and biological characteristics. Moreover, fertilizers must be capable of providing the necessary nitrogen for the correct crop growth. In order to compare the effect of a mineral fertilizer against an organic fertilizer in soil, a seasonal monitoring of the amount of nitrates and different biological parameters related to C and N (carbon and nitrogen of the soil microbial biomass, hydrolysis of diacetate of fluorescein and β -glucosidase and β -galactosidase activities) in a conventional plot and an organic plot in a commercial vineyard in Mallorca. The results after two years of application showed that the effect of the applications (mineral and organic) caused a tendency to increase the values of the biological variables thanks to the contribution of nutrients in soils, the effect of the mineral fertilizer on its control was greater.

Keywords: Soil fertility, Viticulture, Biological indicators, Soil microbiology.

INTRODUCCIÓN

Mantener o mejorar el contenido de materia orgánica del suelo es clave en Agricultura Ecológica. Las aplicaciones de fertilizantes orgánicos constituyen uno de los procedimientos habituales para este fin. Elementos minerales como el nitrógeno están asociados a la dinámica de la materia orgánica en el suelo (Abbasi & Khizar, 2012).

Los microorganismos juegan un papel clave en los ciclos biogeoquímicos y el ciclado de nutrientes, controlando la mayor parte de procesos en el suelo. Además, son parámetros sensibles a los cambios que se producen en el suelo (Nannipieri *et al.*, 2002). La biomasa microbiana cuantifica la cantidad global de microorganismos presentes en el suelo. Las reacciones bioquímicas son necesarias para el ciclado de los nutrientes y están catalizadas por enzimas, pudiendo utilizarse las actividades enzimáticas como indicadores de la actividad biológica de un suelo.

Así, parece evidente la necesidad de analizar los efectos que las diferentes prácticas de gestión de suelos provocan sobre la actividad biológica y sobre la disponibilidad del nitrógeno en el suelo. De manera más concreta, el objetivo de este estudio fue comparar el efecto de la aplicación de un fertilizante mineral (convencional) frente a uno orgánico (ecológico) sobre el nitrógeno y la actividad biológica del suelo en un viñedo comercial, a través del seguimiento estacional durante un año sobre la disponibilidad de nitratos en suelo y de diferentes parámetros biológicos: carbono y nitrógeno de la biomasa microbiana (C BM y N BM), hidrólisis del diacetato de fluoresceína (FDA), la actividad β -glucosidasa (bGLU) y la β -galactosidasa (bGAL).

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la isla de Mallorca, en la Bodega José L. Ferrer (DO Binissalem-Mallorca), entre enero y octubre de 2021. La temperatura media mensual osciló entre 10,0 °C (enero) y 26,2 °C (agosto). La precipitación acumulada fue de 140,2 mm. El diseño experimental fue en bloques con una disposición de los tratamientos dirigida en función de las prácticas generales de la parcela (convencional vs ecológica). Se establecieron dos tratamientos

control (sin aporte externo) y dos tratamientos con fertilizante: mineral en una parcela de manejo convencional y orgánico en parcela ecológica. Se tomaron muestras compuestas de la capa arable (0-20 cm) en centro de las calles de cada tratamiento durante el año 2021. El mismo día de la recogida de muestras, se iniciaron los procedimientos para los análisis de nitratos y biomasa microbiana. Para las medidas de las actividades enzimáticas, las muestras fueron conservadas a 4 °C. Las características principales de los suelos estudiados se presentan en la Tabla 1. El experimento se adaptó al Reglamento (UE) 2018/848 que rige la Agricultura Ecológica.

La aplicación de los fertilizantes se realizó en dos ocasiones: enero de 2020 y febrero de 2021. Se usó un abono mineral ternario NPK (6-10-20), a razón de 400 kg/ha. El fertilizante orgánico, con 50% de materia orgánica total, contenía un 6% de nitrógeno total, del cual un 5,5% era nitrógeno orgánico. Se aplicaron 800 kg/ha.

Tabla 1 - Principales características de los suelos estudiados

	Suelo CON	Suelo ECO
Arcillas (%)	23,0	38,0
Limos (%)	36,4	32,9
Arenas (%)	40,6	29,1
CCE (%)	11,13	10,79
Corg (%)	0,75	1,38
NT (%)	0,12	0,19

CCE: carbonato cálcico equivalente; Corg: carbono orgánico; NT: nitrógeno total.

El contenido de nitrato en el suelo se determinó utilizando el protocolo descrito por Miranda *et al.* (2001). El carbono orgánico (Corg) fue analizado siguiendo el método descrito por Walkley & Black (1934). Para la determinación de la biomasa microbiana se siguió el método de fumigación-extracción de Vance *et al.* (1987), realizando la cuantificación mediante un analizador de C y N total (TOC-L, Shimadzu). La hidrólisis del FDA se analizó siguiendo el protocolo de Adam & Duncan (2001). El análisis de las actividades de la bGLU y la bGAL, se realizaron de acuerdo a Eivasi & Tabatabai (1988).

Las medias de las variables de interés fueron comparadas mediante análisis de la varianza (ANOVA) de dos vías con los factores de estación y tratamiento. Las diferencias entre tratamientos y estaciones se establecieron tras la aplicación del test post-hoc Tukey. Los tratamientos estadísticos se llevaron a cabo mediante el programa IBM SPSS Statistics 26.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de nitratos en suelo fueron significativamente superiores en el tratamiento con fertilizante de origen mineral (Tabla 2). La menor cantidad de nitratos en tierras agrícolas orgánicas respecto a convencionales ha sido observada en diferentes estudios (e.g. García-Ruiz *et al.*, 2008). A partir de la primavera, se produjo un rápido descenso en la cantidad de nitratos en la parcela fertilizada con NPK, hasta situarse en valores en el entorno del resto de tratamientos en verano y otoño (resultados no presentados).

nitrogenada sobre la biomasa microbiana. Algunos autores reportan un aumento (e.g. Omay *et al.*, 1997), mientras que otros observan descenso (e.g. Ladd *et al.*, 1994). Los escasos incrementos en BM pueden ser indicadores de una dosis de aplicación reducida.

Entre las diferentes estaciones, el C BM fue significativamente menor durante la primavera mientras que el N BM fue menor en verano y mayor en otoño.

El tratamiento con fertilización mineral mostró valores de mayor actividad de la hidrólisis del FDA. Estos resultados parecen indicar que la mayor presencia de NO_3^- en el suelo influye sobre esta actividad enzimática relacionada con diferentes enzimas de tipo proteasa (Adam & Duncan, 2001). Las actividades bGlu y bGal también presentaron tasas superiores bajo fertilización mineral.

Tabla 2 - Resultados del análisis de la varianza de dos vías

	NO_3^- (mg N- NO_3 Kg ⁻¹)	C BM ($\mu\text{g C Kg}^{-1}$)	N BM ($\mu\text{g N Kg}^{-1}$)	FDA ($\mu\text{g flu h}^{-1}\text{g}^{-1}$)	bGLU ($\mu\text{mol PNP h}^{-1}\text{g}^{-1}$)	bGAL ($\mu\text{mol PNP h}^{-1}\text{g}^{-1}$)
Tratamiento						
Cmin	25,84a	23,93a	134,07b	29,33a	3,93b	0,58b
MIN	43,34b	36,58a	143,55b	37,56b	5,86c	0,82c
Corg	22,49a	35,96a	97,07a	28,69a	2,98ab	0,36a
ORG	20,32a	39,61a	105,04a	29,33a	2,02a	0,38a
Sig	<0,001	0,181	<0,001	0,001	<0,001	<0,001
Estación						
PRIMAVERA	39,01b	4,05a	116,63b	31,27b	3,36a	0,41a
VERANO	40,51b	55,21b	87,67a	24,17a	3,75a	0,58b
OTOÑO	4,74a	42,79b	155,50c	35,11b	3,93a	0,60b
Sig	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,59	<0,001
Sig TxE	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,020

Para cada tratamiento y estación, se incluyen los valores medios anuales. Los valores con letras diferentes en la misma columna se diferencian significativamente ($p < 0,05$). Cmin: tratamiento control en parcela convencional; MIN: tratamiento con fertilizante mineral; Corg: tratamiento control en ecológico; ORG: tratamiento fertilizante orgánico. Sig: significación.

El C BM no mostró diferencias significativas entre los controles y sus respectivas aplicaciones, si se apreció un incremento en las dos aplicaciones. En cambio, el N BM presentó valores significativamente más elevados en los tratamientos convencionales (Tabla 2). Existen resultados contradictorios sobre los efectos de la fertilización química

En los tratamientos de Agricultura Ecológica las actividades enzimáticas presentaron valores más bajos que en los tratamientos convencionales.

Al comparar globalmente, la evolución de las tasas de las actividades enzimáticas analizadas a lo largo del año no se aprecia un patrón común.

CONCLUSIONES

En general, los valores obtenidos, cuando comparamos la aplicación con su control, se produce una tendencia de aumento en las variables microbiológicas estudiadas. Este aumento se observa notablemente bajo el uso de fertilizante mineral, que aporta una mayor cantidad de nitrógeno al suelo en parcelas que de partida presentaban valores relativamente bajos en este nutriente, promoviendo de manera acusada el aumento de las poblaciones microbianas y su actividad.

AGRADECIMIENTOS

A la Unidad de Edafología de la Universidad de Córdoba (UCO) por los análisis de NO_3^- , C BM y N BM.

Este trabajo se ha realizado gracias a los fondos del proyecto: INIA-2017-003 (Ministerio de Ciencia e Innovación).

BIBLIOGRAFÍA

- Abbasi, M.K. & Khizar, A. (2012) - Microbial biomass carbon and nitrogen transformations in a loam soil amended with organic-inorganic N sources and their effect on growth and N-uptake in maize. *Ecological Engineering*, vol. 39, p. 123-132. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.12.027>
- Adam, G. & Duncan, H. (2001) - Development of a sensitive and rapid method for the measurement of total microbial activity using fluorescein diacetate (FDA) in a range of soils. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 33, n. 7-8, p. 943-951. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00244-3](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00244-3)
- Eivasi, F. & Tabatabai, M.A. (2001) - Glucosidase and galactosidase in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 20, n. 5, p. 601-606. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(88\)90141-1](https://doi.org/10.1016/0038-0717(88)90141-1)
- García-Ruiz, R.; Ochoa, V.; Hinojosa, M.B. & Carreira, J.A. (2008) - Suitability of enzyme activities for the monitoring of soil quality improvement in organic agricultural systems. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 40, n. 9, p. 2137-2145. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.03.023>
- Ladd, J.N.; Amato, M.; Zhou, L.K. & Schultz, J.E. (1994) - Differential effects of rotation, plant residue and nitrogen fertilizer on microbial biomass and organic matter in an Australian Alfisol. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 26, n. 7, p. 821-831. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(94\)90298-4](https://doi.org/10.1016/0038-0717(94)90298-4)
- Miranda, K.M.; Espey, M.G. & Wink, D.A. (2001) - A rapid, simple spectrophotometric method for simultaneous detection of nitrate and nitrite. *Nitric Oxide*, vol. 5, n. 1, p. 62-71. <https://doi.org/10.1006/niox.2000.0319>
- Nannipieri, P.; Kandeler, E. & Ruggiero, P. (2002) - Enzyme activities and microbiological and biochemical processes in soil. In: Burns, R.G. & Dick, R.P. (Eds.) - *Enzymes in the Environment: activity, ecology, and applications*, p. 1-33. New York: Marcel Dekker, Inc..
- Omay, A.B.; Rice, C.W.; Maddux, L.D. & Gordon, W.B. (1997) - Changes in soil microbial and chemical properties under long-term crop rotation and fertilization. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 61, n. 6, p. 1672-1678. <https://doi.org/10.2136/sssaj1997.03615995006100060019x>
- Vance, E.D.; Brookes, P.C. & Jenkinson, D.S. (1987) - An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 19, n. 6, p. 703-707. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(87\)90052-6](https://doi.org/10.1016/0038-0717(87)90052-6)
- Walkley, A. & Black, I.A. (1934) - An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, vol. 37, n. 1, p. 29-38.