

Estudio de las comunidades microbianas de suelos agrícolas orgánicos y convencionales lusitanos mediante análisis de ácidos grasos fosfolípidos

Study of microbial communities in Lusitanian organic and conventional agricultural soils by phospholipid fatty acid analysis

Soto Gómez, Diego^{1*}, Santás Miguel, Vanesa², Fernández Calviño, David²

¹ Departamento de Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Cartagena, Paseo Alfonso XIII, 48, Cartagena, 30203, España

² Departamento de Biología Vegetal y Ciencia del Suelo, Facultad de Ciencias, Universidade de Vigo, As Lagoas s/n, Ourense, 32004, Spain

disoto@uvigo.es

Resumen

La comunidad microbiana de un suelo está condicionada por las condiciones del suelo y por el tipo de manejo que se hace del mismo. En este estudio se han analizado, mediante análisis de ácidos grasos fosfolípidos (PLFAs), las comunidades microbianas de varios suelos agrícolas, de la zona pedoclimática lusitana, bajo dos tipos de sistemas: convencional y orgánico. Los suelos orgánicos presentaron una mayor cantidad de PLFAs totales y asociados a bacterias y a hongos arbusculares micorrízicos. Observamos que las cantidades de estos ácidos grasos estaban relacionados con la cantidad de materia orgánica y de nitrógeno total del suelo. Por otro lado, en los suelos convencionales encontramos una mayor cantidad de ácidos grasos relacionados con ascomicetos y basidiomicetos y una mayor proporción hongos/bacterias. Esto está directamente correlacionado con una mayor proporción de macro-agregados (> 2 cm) e inversamente correlacionado con la cantidad de nitrógeno.

Palabras clave: PLFA, microbiología, edafología, hongos, bacterias.

Abstract

The microbial community of a soil is determined by the soil properties and by the type of soil management. In this study, the microbial communities of several agricultural soils in the Lusitanian pedoclimatic zone, under two management systems (conventional and organic), were characterized by phospholipid fatty acids (PLFAs) analysis. Organic soils showed a higher amount of total PLFAs and PLFAs associated with bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi. We observed that the amounts of these fatty acids were related to the amount of soil organic matter and total nitrogen. On the other hand, in conventional soils we found a higher amount of fatty acids related to ascomycetes and basidiomycetes and a higher fungi/bacteria ratio. This is directly correlated with a higher proportion of macro-aggregates (> 2 cm) and inversely correlated with the amount of nitrogen.

Keywords: PLFA, microbiology, soil science, fungi, bacteria.

Introducción

Los microorganismos presentes en el suelo participan en la descomposición de sustancias del suelo y en los ciclos de los nutrientes (Aislabie et al., 2013). A la hora de caracterizar las comunidades de microorganismos presentes en el suelo pueden emplearse técnicas como el análisis de los ácidos grasos fosfolípidos (PLFA), elementos presentes en las membranas celulares de casi todos los organismos del suelo, que se sintetizan en mayor medida durante etapas de crecimiento (Zelles, 1997; Zhang et al., 2019). A diferencia de lo que ocurre con los ácidos grasos neutros (NLFAs), estos no están asociados al almacenamiento, por lo que no se suelen acumular en la materia orgánica edáfica (Bååth, 2003). Los PLFAs son, por lo tanto, buenos indicadores de la biomasa bacteriana presente en el suelo, pero además ofrecen información sobre la composición de esta biomasa. En la tabla 1 se pueden observar los ácidos grasos asociados con algunos importantes grupos de microorganismos (Joergensen, 2022).

Tabla 1: PLFAs presentes en los diferentes grupos microbianos (adaptado de Joergensen, 2022; Nichols et al., 1986; Zelles, 1997).

PLFAs Inespecíficos	Microbianos	14:0, 15:0, 16:0 ¹ , 17:0, 18:0, 20:0, 20:4 ω 6,9,12,15	
PLFAs Bacterianos	G ⁺	Firmicutes	i14:0, i15:0 ² , i16:0 ² , i17:0, i18, a15:0, a16:0, a17:0, a18:0, a19:0
		Actinobacterias	10Me16:0, 10Me17:0, 10Me18:0
	G ⁻	cy17:0, cy19:0, 16:1 ω 7, 16:1 ω 9, 17:1 ω 8, 18:1 ω 7	
PLFAs Fúngicos	PLFAs Inespecíficos	Fúngicos	18:3 ω 6,9,12 ¹
	AMF		16:1 ω 5c ²
	Zigomicetes		18:1 ω 9c ³
	Ascomycetes y Basidiomicetes		18:2 ω 6c ¹

¹ Presentes también en plantas.

² Presentes también en G⁻.

³ Presente también en plantas y G⁻.

La estructura, distribución y composición de las comunidades microbianas presentes en el suelo van a estar condicionada por

características como son el pH, y la temperatura, pero también por factores relacionados con el tipo de manejo que se hace sobre ese suelo (Deslippe et al., 2005).

El objetivo de este trabajo es estudiar las diferencias entre las comunidades microbianas, caracterizadas mediante análisis de PLFAs, de suelos agrícolas de la zona pedoclimática lusitana, en los que se cultiva trigo empleando dos tipos de manejo diferentes: convencional y orgánico.

Material y métodos

Para la realización de este trabajo se tomaron muestras de diferentes campos dedicados al cultivo de trigo: 10 parcelas bajo un manejo convencional (en cinco zonas diferentes), y 13 bajo manejo orgánico (obtenidas en 6 localizaciones). Todas las parcelas se encontraban en la zona pedoclimática lusitana. En cada una de las parcelas se tomaron dos réplicas compuestas por cinco puntos de muestreo aleatorios.

A este suelo se le realizó una caracterización fisicoquímica, y se determinó: densidad aparente, textura, cantidad de materia orgánica, nitrógeno total, estabilidad de agregados, y cationes básicos, entre otras propiedades. Además, se analizaron los PLFAs mediante el método propuesto por Frostegard & Baath (1996), y se complementó la obtención de grupos de microorganismos usando el trabajo de Joergensen (2022).

Resultados y Discusión

En la Figura 1 presentamos un resumen de los resultados obtenidos para el análisis de los PLFAs. Se observa que existe una cantidad significativamente mayor de biomasa microbiana en los suelos dedicados a agricultura orgánica. Esto se mantiene también para las bacterias: tanto Gram negativas como positivas (firmicutes y actinobacterias). En los suelos de manejo orgánico también existe una cantidad mayor de PLFAs microbianos inespecíficos. No obstante, si estudiamos

las comunidades de hongos estas diferencias no están tan claras: si consideramos la cantidad total de PLFAs totales asociados a hongos podemos ver que no hay diferencias significativas considerando el tipo de manejo, y tampoco se observan diferencias significativas para el caso específico de los zigomicetos. Sin embargo, la tendencia que se observa para las bacterias es la misma que presentan las poblaciones de hongos micorrízicos arbusculares: la cantidad de estos es significativamente mayor en suelos agrícolas bajo un manejo orgánico. Por otro lado, los ascomicetos y basidiomicetos aparecen en mayor cantidad en los suelos de agricultura convencional. Con estos resultados, observamos también que la proporción de hongos/bacterias es significativamente menor en el caso de los cultivos de agricultura orgánica: 0.34 ± 0.01 en convencional, frente a 0.22 ± 0.02 en orgánico.

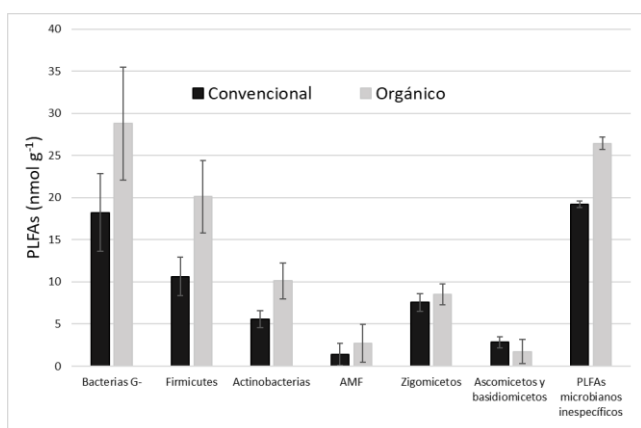


Figura 1. Cantidad de PLFAs (en nmol g⁻¹) en los dos tipos de manejo considerados: convencional (negro) y orgánico (gris). Las barras representan el error estándar.

Los resultados obtenidos tanto para la biomasa total como para la cantidad de PLFAs bacterianos concuerdan con los observados por Stagnari et al. (2014) en un clima mediterráneo. En este trabajo, al igual que en nuestro estudio, los suelos bajo un manejo orgánico presentan una mayor cantidad de materia orgánica y nitrógeno total, lo que favorece el desarrollo de las comunidades bacterianas, y se traduce en una mayor cantidad de PLFAs totales (Kandeler et al., 1999). En nuestro caso, la materia orgánica total está correlacionada tanto con los

PLFAs totales ($R = 0.72$), como con los procedentes de los diferentes grupos de bacterias: Gram negativo ($R = 0.79$), firmicutes ($R = 0.70$) y actinobacterias ($R = 0.67$).

Únicamente la cantidad de PLFAs relacionados con ascomicetos y basidiomicetos aparecen en una cantidad significativamente mayor en el manejo convencional. En un trabajo anterior (Kong et al., 2011) se ha observado que la cantidad de PLFAs asociados con hongos es mayor en los micro-agregados del suelo (entre 53 y 250 μm). En nuestro trabajo hemos encontrado dos correlaciones significativas que incluyen la proporción de macro-agregados ($> 2000 \mu\text{m}$): la primera con la cantidad de PLFAs de ascomicetos y basidiomicetos ($R = 0.63$), y la segunda con la relación PLFAs de hongos/bacterias ($R = 0.70$). Esto sugiere que el interior de los agregados es un hábitat mejor para la actividad fúngica. Y es importante mencionar que la proporción de este tipo de agregados es mucho mayor (del orden de 20 veces mayor) en los suelos convencionales.

Por lo tanto, es importante considerar que la relación de los PLFAs de hongos/bacterias es menor en los suelos bajo manejo orgánico, lo que puede deberse a una mayor cantidad de nitrógeno que en los suelos convencionales. Esta proporción (hongos/bacterias) suele estar inversamente relacionada con la cantidad de nitrógeno del suelo (Kong et al., 2011), algo que se cumple para nuestro trabajo ($R = -0.56$).

Conclusiones

Al estudiar, mediante análisis de PLFAs, las comunidades microbianas de suelos de la región pedoclimática lusitana bajo manejo convencional y orgánico, podemos concluir que: i) por un lado, los suelos bajo manejo orgánico presentan una cantidad significativamente mayor de PLFAs microbianos totales y relacionados con grupos de bacterias (gram positivo y negativo) y hongos arbusculares micorrízicos, y estos están directamente correlacionados con la materia orgánica y

el nitrógeno total; ii) los suelos convencionales presentan una cantidad significativamente mayor de PLFAs de hongos ascomicetos y basidiomicetos, correlacionados con la proporción de agregados mayores de 2 cm; y iii) la proporción PLFAs de hongos/bacterias es significativamente menor en los suelos orgánicos, y está directamente correlacionada con la proporción de agregados mayores de 2 cm, e inversamente correlacionada con la cantidad de nitrógeno total.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Comisión Económica Europea, por el Proyecto SoildiverAgro del Horizonte 2020 [acuerdo de subvención 817819].

Referencias bibliográficas

- Aislabie, J., Deslippe, J. R., & Dymond, J. R. (2013). Soil microbes and their contribution to soil services. *Ecosystem Services in New Zealand - Conditions and Trends*, Figure 2.
- Bååth, E. (2003). The use of neutral lipid fatty acids to indicate the physiological conditions of soil fungi. *Microbial Ecology*.
<https://doi.org/10.1007/s00248-003-2002-y>
- Deslippe, J. R., Egger, K. N., & Henry, G. H. R. (2005). Impacts of warming and fertilization on nitrogen-fixing microbial communities in the Canadian High Arctic. *FEMS Microbiology Ecology*, 53(1).
<https://doi.org/10.1016/j.femsec.2004.12.002>
- Frostegard, A., & Baath, E. (1996). The use of phospholipid fatty acid analysis to estimate bacterial and fungal biomass in soil. *Biology and Fertility of Soils*, 22(1–2), 59–65.
<https://doi.org/10.1007/BF00384433>
- Joergensen, R. G. (2022). Phospholipid fatty acids in soil—drawbacks and future prospects. *Biology and Fertility of Soils*, 58(1).
<https://doi.org/10.1007/s00374-021-01613-w>
- Kandeler, E., Stemmer, M., & Klimanek, E. M. (1999). Response of soil microbial biomass, urease and xylanase within particle size fractions to long-term soil management. *Soil Biology and Biochemistry*, 31(2).
[https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(98\)00115-1](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(98)00115-1)
- Kong, A. Y. Y., Scow, K. M., Córdova-Kreylos, A. L., Holmes, W. E., & Six, J. (2011). Microbial community composition and carbon cycling within soil microenvironments of conventional, low-input, and organic cropping systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(1).
<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.09.005>
- Nichols, P., Stulp, B. K., Jones, J. G., & White, D. C. (1986). Comparison of fatty acid content and DNA homology of the filamentous gliding bacteria *Vitreoscilla*, *Flexibacter*, *Filibacter*. *Archives of Microbiology*, 146(1).
<https://doi.org/10.1007/BF00690149>
- Stagnari, F., Perpetuini, G., Tofalo, R., Campanelli, G., Leteo, F., Vella, U. Della, Schirone, M., Suzzi, G., & Pisante, M. (2014). Long-term impact of

- farm management and crops on soil microorganisms assessed by combined DGGE and PLFA analyses. *Frontiers in Microbiology*, 5(DEC).
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00644>
- Zelles, L. (1997). Phospholipid fatty acid profiles in selected members of soil microbial communities. *Chemosphere*, 35(1–2).
[https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(97\)00155-0](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(97)00155-0)
- Zhang, Y., Zheng, N., Wang, J., Yao, H., Qiu, Q., & Chapman, S. J. (2019). High turnover rate of free phospholipids in soil confirms the classic hypothesis of PLFA methodology. *Soil Biology and Biochemistry*, 135.
<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.05.023>