

Influencia de la agricultura de conservación en la temperatura del suelo y su relación con las poblaciones microbianas

Influence of conservation agriculture over soil temperature and the relation with microbial populations

A. Muñoz¹, A. López-Piñeiro², A. Albarrán² & M. Ramírez¹

RESUMEN

La temperatura del suelo es un factor clave en el crecimiento del maíz, al ser un cultivo muy sensible a las variaciones de temperatura y tener unos márgenes óptimos bastante elevados de germinación de la semilla, de crecimiento de la plántula y de fructificación. La agricultura de conservación tiende a disminuir la temperatura del suelo, debido a los rastrojos que se dejan en superficie, en cuya descomposición juegan un papel fundamental los microorganismos del suelo, y al incremento de humedad asociado a este tipo de manejo. Para una gestión adecuada de los suelos bajo agricultura de conservación es recomendable el seguimiento y el estudio de la temperatura y de las poblaciones microbianas en la capa superficial del suelo. Por ello, el objetivo de este estudio ha sido realizar un estudio comparativo de las oscilaciones de temperatura en diferentes manejos de agricultura de conservación frente a las obtenidas con un manejo de laboreo convencional, y determinar cómo afectan estas variaciones de temperatura a las poblaciones microbianas asociadas a la rizosfera del cultivo. Para ello

se han realizado experiencias de campo en cuatro manejos diferentes bajo un mismo suelo, localizados en subparcelas contiguas; uno de siembra directa (SD), dos de siembra directa con cobertura (SDC) con diferente antigüedad de implantación y un manejo de laboreo convencional (LC). Se ha realizado una medida exhaustiva de la temperatura del suelo durante tres años completos y un seguimiento de la evolución de las poblaciones microbianas. El análisis de los resultados permite concluir que se produce una disminución de la temperatura en SD y SDC respecto a LC durante todo el periodo de cultivo, con unas oscilaciones de temperatura menores para los manejos de agricultura de conservación durante todo el año. Además, se aprecia un incremento en las poblaciones microbianas asociadas a SD y SDC con respecto a LC, que indicarían la existencia de intervalos óptimos de temperatura para el crecimiento microbiano en los manejos de agricultura de conservación.

ABSTRACT

The temperature of the soil is a key factor

¹ Departamento de Microbiología. Facultad de Ciencias. Universidad de Extremadura. Avda de Elvas S/N, 06071 Badajoz, España, e-mail: anamg@unex.es; ² Área de Edafología y Química Agrícola

in the growth of the maize, a sensible culture to the temperature variations, with high optimal temperature for germination of the seed, growth of plant and fruition. The conservation agriculture tends to diminish the temperature of the soil, due to the stubbles that are left in surface, in whose decomposition the microorganisms of the soil play a fundamental role, and to the associated increase of humidity this type of management. For a suitable management of soils under conservation agriculture is recommendable the study of the temperature and the microbial populations in the surface horizon. For these reasons, the objective of this study has been to make a comparative study of the oscillations of temperature in different managements from agriculture of conservation as opposed to the obtained with a conventional management, and to determine how affect these variations of temperature to the microbial populations associated to the rhizosphere of the culture. Field experiences have been made in four different managements under a same soil, located in contiguous subparcels; one of direct seeding (DS), two of direct seeding with cover (DSC) with different antiquity from implantation and a conventional tillage (CT). It has been made an exhaustive measurement of the temperature of the soil during three years and a monitoring of the evolution of the microbial populations. The analysis of the results allows to conclude that during the period of culture takes place a diminution of the temperature in SD and SDC with respect to LC, with smaller oscillations of temperature for the conservation agriculture. In addition, an increase in the microbial populations associated to SD and SDC with respect to LC is observed, that would indicate the existence of optimal intervals of temperature for the microbial growth in the managements of conservation agriculture.

INTRODUCCIÓN

La temperatura del suelo es un parámetro clave para la agricultura, puesto que afecta a la selección del día de siembra del cultivo, al crecimiento de las plantas y los microorganismos y a las propiedades del suelo a través de su grado de meteorización. El cultivo de maíz tiene unos rangos óptimos de temperatura que se sitúan entre los 25 y los 30° C. Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación de la semilla, la temperatura debe situarse entre los 15 a 20° C. Llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8° C y a partir de los 30° C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32° C. Se ha estudiado que incluso diferencias de 1° C en la temperatura tienen efectos visibles en el crecimiento de la planta (Barlow *et al.*, 1977; Walker, 1969).

El laboreo del suelo se realiza con el fin de obtener un lecho de siembra más adecuado para el cultivo, facilitando el crecimiento de la planta en la fase de emergencia y el desarrollo de la raíz. Esto se debe a dos importantes cambios que produce el laboreo, como son el aumento de la temperatura del suelo y la disminución de la compactación superficial (Licht & Al-Kaisi, 2005). En la agricultura de conservación, donde no se realiza la labranza, la permanencia de los residuos sobre la superficie del suelo, sumado al mayor contenido de agua del suelo debido a la disminución de las pérdidas por evaporación (Munoz *et al.*, 2007), hacen que la temperatura del suelo disminuya respecto a un suelo de laboreo convencional. En el cultivo de maíz, esta disminución de temperatura puede producir un retraso en la emergencia del cultivo de entre 2 y 5 días

(Echeverría & Studdert, 2000). Por este motivo es muy importante realizar un seguimiento de la temperatura en un cultivo de maíz donde se estén aplicando manejos de agricultura de conservación, así como el estudio de la influencia que estos cambios puedan ejercer sobre la microbiota edáfica, que juega un papel esencial en el mantenimiento de estos sistemas agrícolas y cuyo crecimiento está condicionado por todos los factores edáficos y ambientales que la rodean.

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción de la zona de estudio

Las experiencias han sido llevadas a cabo desde 2002 hasta 2004, en tierras cultivadas con maíz (*Zea Mays, L.*) en regadío en la finca Casas de Hitos, cuya extensión se distribuye entre los Términos Municipales de Madrigalejo (Cáceres) y Navalvillar de Pela (Badajoz), en un entorno agrícola con cultivos predominantes de maíz y de arroz. Se escogió esta ubicación por ser esta finca pionera en el desarrollo de manejos agrícolas de siembra directa en Extremadura. La investigación se ha llevado a cabo en una parcela, con un mismo tipo de suelo, en la cual se aplican tres manejos diferentes. El suelo se clasificó como luvisol dístico, con una elevada pedregosidad en superficie.

Diseño experimental

El área experimental, bajo un cultivo de maíz en regadío, consta de cuatro parcelas de 20 m x 40 m. Una de ellas bajo un manejo de Laboreo Convencional (LC), otra bajo un manejo de Siembra Directa (SD) y las otras dos bajo manejos de Siembra Directa con Cobertura de invierno (*Avena strigosa*)

(SDC). Una de las parcelas SDC sirve como referencia a largo plazo para el estudio, puesto que el año de comienzo de toma de muestras (2002), ya llevaba seis años con este tipo de manejo. Por ello, para diferenciar las dos parcelas SDC, se indicarán los años que lleva aplicando la parcela más antigua ese tipo de manejo al comienzo del estudio (SDC⁶).

En el sistema de laboreo convencional (LC), el manejo del cultivo se ha llevado a cabo mediante el arado del suelo varias veces al año, a profundidades cercanas a los 30 centímetros. Además, los residuos son quemados tras la recolección de la cosecha. El sistema de siembra directa, por el contrario, no utiliza el arado y deja los residuos encima del suelo de cultivo tras la cosecha.

Medida in situ de la temperatura del suelo

La temperatura del suelo (de 0 a 5 y de 5 a 10 cms) se midió mediante ocho sensores externos de temperatura acopladas a un data logger (WatchDog, Spectrum Technologies, Inc.), en intervalos de una hora durante tres años completos, que fueron instaladas por pares en cada una de las parcelas de estudio y cuyos datos se fueron recuperando periódicamente.

Análisis microbiológicos del suelo

La toma de muestras para el posterior análisis microbiano se ha realizado aproximadamente cada dos meses, durante los tres años de duración del experimento. Todas las muestras se han recogido con una espátula marcada para coger los diez primeros centímetros del suelo de cada una de las parcelas de estudio, por triplicado. Entre las tomas, la espátula se ha limpiado exhaustivamente y flameado con alcohol para evitar contaminaciones. Una vez

transportadas las muestras al laboratorio, se almacenaron a 4°C y se analizaron en un período de no más de 72 horas. Todas las muestras fueron previamente pasadas por un tamiz de 2 mm en condiciones de esterilidad.

La siembra en medios de cultivo microbianos se realizó a partir de diluciones 10⁶, con agua destilada estéril, con un volumen de siembra de 100 µl por cada placa Petri de cultivo sólido. La incubación de las placas se realizó a 20° C y en condiciones de oscuridad absoluta, con el fin de asemejar las condiciones edáficas.

Los medios de cultivo utilizados han sido: YEPD (medio enriquecido general para bacterias, levaduras y hongos), Rosa de Bengala (medio específico de eucariotas) (Ottow & Glathe, 1968), Peptona (medio general), TSA (medio general), Verde Malaquita (medio específico para *Pseudomonas*), medio de cultivo especial para *Azotobacter* y *Azomonas* y Almidón-caseína (medio específico para amilolíticos). Se utilizaron diferentes medios para abarcar una mayor diversidad microbiana (Hurst *et al.*, 2002). Se utilizó el recuento directo de colonias de bacterias y de hongos, efectuando lecturas por triplicado para cada muestra. Los datos obtenidos se expresaron en Unidades Formadoras de Colonias en función del peso seco de cada suelo en el momento de la toma de muestras (UFC/g peso seco).

RESULTADOS

A lo largo de los tres años se ha podido realizar un seguimiento anual de la temperatura del suelo en todos los manejos considerados, entre los cuales se han hallado diferencias significativas, tanto referentes a temperaturas medias como mínimas y máximas, que son muy importantes tanto

desde el punto de vista del cultivo como desde el punto de vista microbiano, cuyos márgenes de crecimiento a menudo son limitados. En las siguientes tablas se pueden observar estas diferencias en cada período estacional. Todas ellas se refieren a los datos de temperatura de 0 a 10 centímetros de profundidad.

TABLA 1. Temperaturas medias, mínimas y máximas de cada manejo en invierno (medias diarias de tres años, de 0 a 10 cms)

Manejo	Temperatura (°C)		
	Media	Máxima	Mínima
LC	9,46 a	13,96 a	4,03 a
SD	9,50 a	14,18 a	4,73 b
SDC	9,51 ab	16,21 b	5,08 b
SDC⁶	9,60 b	16,77 b	4,67 b
F	3,340	8,882	7,442
Sig.	0,018	<0,001	<0,001

Los datos de una misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (P < 0,05).

Durante el invierno (Tabla 1) la temperatura media en el SDC⁶ fue significativamente mayor que en el LC, con unas máximas y unas mínimas por encima de las halladas en el manejo de laboreo convencional. El SDC tuvo un comportamiento muy parecido al SDC⁶, mientras que el SD solo se diferenció del LC por tener una temperatura mínima más alta.

Durante la primavera (Tabla 2) las temperaturas sufrieron una inversión respecto a la tendencia que siguieron los manejos en el invierno. De esta forma el LC mantuvo unas temperaturas medias de más de dos grados por encima de las obtenidas en el SDC⁶, con unos picos de temperatura máximas y mínimas de más de seis grados de diferencia por encima de este laboreo de conservación. Las temperaturas medias y máximas en el SD y el SDC también fueron menores que las del LC.

TABLA 2. Temperaturas medias, mínimas y máximas de cada manejo en primavera (medias diarias de tres años, de 0 a 10 cms)

Manejo	Temperatura (°C)		
	Media	Máxima	Mínima
LC	17,58 d	27,08 c	13,16 b
SD	16,77 c	24,70 b	13,16 b
SDC	16,41 b	24,38 b	12,71 b
SDC⁶	15,21 a	19,03 a	8,98 a
F	180,016	269,632	24,152
Sig.	<0,001	<0,001	<0,001

Los datos de una misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (P < 0,05).

Las temperaturas de verano (Tabla 3) también fueron más altas en el manejo LC respecto a los manejos de agricultura de conservación, aunque estas diferencias no fueron tan altas como durante la primavera, posiblemente debido a que el cultivo de maíz está en su máximo periodo de crecimiento y bajo continuo regadío, de forma que se amortiguan las oscilaciones en la temperatura del suelo.

TABLA 3. Temperaturas medias, mínimas y máximas de cada manejo en verano (medias diarias de tres años, de 0 a 10 cms)

Manejo	Temperatura (°C)		
	Media	Máxima	Mínima
LC	21,79 d	25,05 a	18,26 b
SD	21,65 c	24,65 a	17,72 a
SDC	20,95 b	23,75 a	17,72 a
SDC⁶	20,74 a	23,40 a	17,72 a
F	138,954	0,995	1,162
Sig.	<0,001	0,431	0,048

Los datos de una misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (P < 0,05).

En otoño (Tabla 4) las temperaturas de los manejos siguen el mismo patrón que se estableció durante el invierno, con unas temperaturas más bajas para el laboreo convencional y más altas en los manejos de agricultura de conservación.

La correlación entre la temperatura del suelo y los microorganismos se establece en rangos de temperatura, puesto que dependiendo del grupo microbiano que se considere, tendrá unos márgenes de crecimiento u otros. De esta forma no se establece una relación lineal microorganismos-temperatura positiva o negativa, sino una correlación negativa con los máximos y los mínimos de temperatura.

TABLA 4. Temperaturas medias, mínimas y máximas de cada manejo en otoño (medias diarias de tres años, de 0 a 10 cms)

Manejo	Temperatura (°C)		
	Media	Máxima	Mínima
LC	12,68 a	17,44 a	6,64 a
SD	13,55 c	17,37 a	7,92 a
SDC	12,94 b	19,36 a	7,16 a
SDC⁶	13,56 d	22,38 b	15,94 b
F	36,700	21,020	74,622
Sig.	<0,001	<0,001	<0,001

Los datos de una misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (P < 0,05).

En la Figura 1 se observa una disminución de microorganismos cuando se produce un aumento de la temperatura del suelo (desde abril hasta septiembre), que coincide con el ciclo de crecimiento del cultivo. En otoño e invierno se produce una disminución de la temperatura y un aumento de los microorganismos en los manejos de agricultura de conservación y en menor medida en el LC, aunque en este manejo las temperaturas mínimas son menores y hay un menor número de microorganismos. Las correlaciones con la humedad media del suelo no fueron significativas hacia ninguna tendencia en particular, puesto que al ser un cultivo de regadío, desde finales de abril hasta comienzos de septiembre el suelo está sometido a continuo riego.

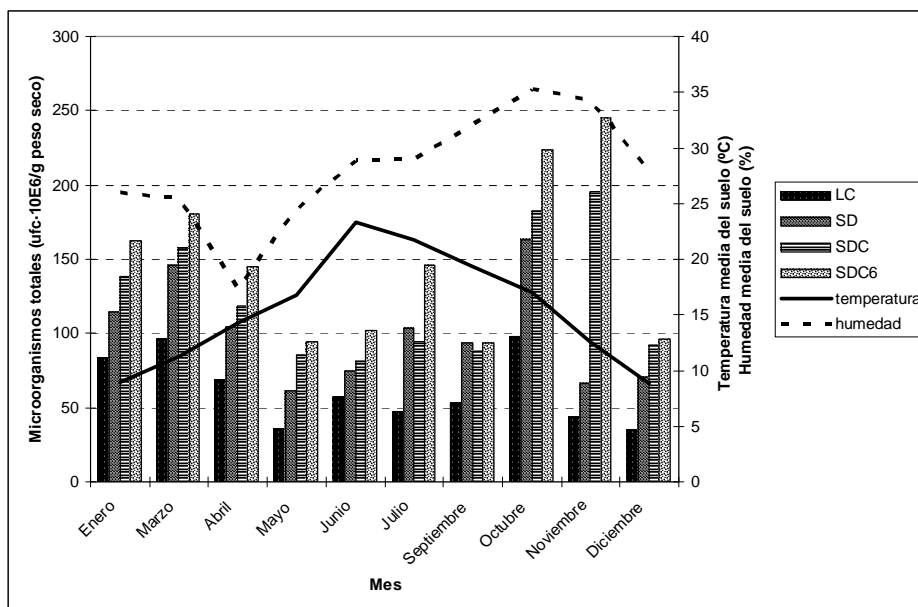


Figura 1. Temperatura média do solo, umidade média do solo e recuento médio de microorganismos em cada manejo a lo largo do ano.

CONCLUSIONES

El laboreo deja a LC más expuesto a la desecación de su capa superficial y la temperatura aumenta un par de grados respecto al suelo sin laboreo. Este aumento de temperatura beneficia al período de siembra y nascencia de la planta (primavera), ya que se produce antes la emergencia del cultivo, pero sin embargo las altas temperaturas perjudican a los microorganismos del suelo, cuyas poblaciones disminuyen sobretudo en el período estival, debido al incremento de la temperatura del suelo. En los manejos de conservación (SD y SDC) las oscilaciones de temperatura a lo largo del año son menores que en el laboreo convencional hecho que, junto a otros parámetros edáficos, hace

que las poblaciones microbianas sean mayores en estos manejos que en el LC. La agricultura de conservación ofrece, con relación a la tradicional, la posibilidad de ejercer un mínimo laboreo con una mineralización de la materia orgánica mucho menor que en sistemas tradicionales, y ello produce, además de cambios en la temperatura del suelo, cambios en las poblaciones microbianas del suelo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean hacer constar que este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología mediante el proyecto AGL 2000-0463-P4-05.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barlow, E. W. R., Boersma, L. & Young, J.L. 1977. Photosynthesis, transpiration, and leaf elongation in corn seedlings at suboptimal soil temperatures, *Agronomy Journal*, **69**: 95-100.
- Echeverría, H. E. & Studdert, G. A. 2000. Nutrición nitrogenada y sistemas de labranza en maíz, *Vida Rural*, **39**.
- Hurst, C. J., Crawford, R. L., Knudsen, G. R. & McInerney, M. J. 2002. Manual of Environmental Microbiology, ASM Press, Washington, D.C.
- Licht, M. A. & Al-Kaisi, M. 2005. Strip-tillage effect on seedbed soil temperature and other soil physical properties, *Soil and Tillage Research*, **80**(1-2): 233-249.
- Munoz, A., Lopez-Pineiro, A., Ramirez, M., 2007. Soil quality attributes of conservation management regimes in a semi-arid region of south western Spain. *Soil and Tillage Research* **95**: 255-265.
- Ottow, J. C. & Glathe, H. 1968. Rose bengal-malt extract-agar, a simple medium for the simultaneous isolation and enumeration of fungi and actinomycetes from soil, *Applied Microbiology*, **16**(1): 170-171.
- Walker, J. M. 1969. One-degree increments in soil temperatures affect maize seedling behavior, *Soil Science Society of America Procedures*, **33**: 729-736.