

Nota Técnica

Comportamiento térmico del suelo sometido a diferentes lapsos de solarización en el estado Falcón

Thermal behavior of soil subjected to different solar periods of in Falcón state

Zunilde Lugo*, Renato Crozzoli, Adriana Cortéz, Raquel Parra, Ana Fernández y Jorge Marquina

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Mérida) *Correo electrónico: karola0302@hotmail.com

RESUMEN

La solarización es una técnica utilizada para el control de malezas y patógenos del suelo, entre otros fines. En la parcela "La Trinidad" ubicada en el municipio Miranda, estado Falcón, Venezuela (11°18'30,5" LN, 69°58'51,6" LO) a 48 m.s.n.m., se estableció un ensayo con el objetivo de estudiar el comportamiento térmico del suelo a 7,5 cm de profundidad y bajo una cubierta plástica de polietileno transparente, para obtener información sobre las temperaturas del suelo alcanzadas con diferentes lapsos de solarización. El estudio fue realizado con la finalidad de implementar buenas prácticas agrícolas, necesarias en la comunidad. Se empleó un diseño experimental en bloques completamente al azar con unidades experimentales de 16,5 m². Los tratamientos fueron: testigo sin cobertura plástica y suelo solarizado con cobertura plástica durante 15, 30 y 60 días. Se determinaron coeficientes de correlación lineal simple (CC) entre los datos de temperatura y los tratamientos. Los resultados mostraron que en horas de la mañana existe una asociación lineal positiva con CC de 0,09 a 0,40 para las temperaturas y los días solarizados registrados a las 6:00 y 9:00 am, respectivamente. A las 12 y 18 horas, los tratamientos evaluados presentaron una asociación lineal negativa, con un CC de -0,22 y -0,04. Se observó una relación directa entre la temperatura del aire y las registradas en el suelo. Las temperaturas más elevadas del suelo a 7,5 cm de profundidad se alcanzaron a las 14 horas, siendo de 38,9; 32,5 y 32 °C, para los tratamientos T3, T4 y T2, respectivamente.

Palabras clave: Temperatura del suelo, plástico.

Recibido: 25/02/13

ABSTRACT

Solarization is a technique used to control weeds and soil pathogens, among other purposes. In "La Trinidad" plot, located in Miranda municipality of the State Falcón, Venezuela (11°18'30.5"N, 69°58'51.6"W), at 48 m.a.s.l.; a trial was conducted with the objective of studying the soil thermal behavior to a depth of 7.5 cm and under a polyethylene transparent plastic. The information related to the temperatures that reached the soil with different periods of solarization. The study was conducted with the purpose of implementing good agricultural practices, necessary in the community. An experimental design was used in completely randomized experimental units of 16.5 m² blocks. The treatments were: control without plastic cover and soil solarized with plastic cover for 15, 30 and 60 days. Simple linear correlation coefficients (CC) between the temperature data and treatments were determined. The results showed that in the morning there is a positive linear association with CC of 0.09 to 0.40 for temperatures and reported solarized days at 6:00 and 9:00 am, respectively. From 12 to 18 hours, the evaluated treatments showed a negative linear association, with a CC of -0.22 and -0.04. There was a direct relationship between the temperature of the air and those recorded in the soil. The temperatures more elevated of the soil to 7.5 cm of depth is reached at 14 hours, that is from 38.9; 32.5 and 32 °C, for the treatments T3, T4 and T2, respectively.

Key words: Temperature of the soil, plastic.

INTRODUCCIÓN

Las cubiertas plásticas producen un efecto térmico en el suelo, debido a que las mismas no son porosas y anulan el componente de evaporación, transmitiendo una parte importante de la radiación solar al interior del suelo (Misle y Norero, 2002). Así se eleva la temperatura y permite prácticas como la solarización del suelo, el cual es un proceso hidrotérmico que tiene lugar en el suelo húmedo cuando es cubierto por una película plástica y expuesto a la luz solar durante los meses más cálidos (Pullman *et al.*, 1981). Este proceso provoca un complejo de cambios físicos, químicos y biológicos en el suelo, asociados con el calentamiento solar, y tiene valor como alternativa al uso de ciertos productos químicos para la agricultura, cuyo uso prolongado provoca altos niveles de contaminación ambiental. La solarización del suelo es un proceso de cobertura que tuvo sus orígenes en las épocas tempranas de la agricultura, cuando fue usada para cubrir el suelo y las plantas con materiales orgánicos e inorgánicos, con el fin de formar una barrera de protección contra las heladas.

Burrows y Larson, 1962 utilizaron el incremento de la temperatura del suelo calentado para aumentar el crecimiento de las plantas y aprovecharon la cobertura para limitar la evaporación de agua, controlar malezas, plagas, nematodos y enfermedades del suelo, así como para mejorar su estructura y para combatir la erosión.

Según Rosado (2005), el efecto térmico del suelo es de gran importancia para la producción agrícola, ya que el calor contribuye en la supresión de patógenos antes de establecer un cultivo. Cuando se logra aumentar la temperatura del suelo sobre el nivel térmico de organismos patógenos, habrá mortalidad de los mismos. Altas temperaturas por periodos prolongados son letales para nematodos, hongos y otros patógenos, atribuyéndose a que su actividad metabólica es susceptible a esta condición por efecto acumulativo del calor.

La utilización de plásticos en agricultura con fines de solarización es una práctica común en todo el mundo. La presente investigación tuvo como objetivo estudiar el comportamiento térmico del suelo bajo una cubierta plástica transparente y

determinar las temperaturas generadas durante diferentes lapsos de solarización.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la parcela experimental de la finca "La Trinidad", ubicada en el sector El Limoncito del municipio Miranda, estado Falcón, Venezuela (11°18'30,5" LN, 69°58'51,6" LO) a 48 m.s.n.m. La zona presenta de tres a seis meses húmedos, con una precipitación promedio anual de 521,2 mm, con valores que van desde 265,5 a 875,2 mm; una temperatura máxima y mínima promedio anual de 33,0 y 25,1 °C, respectivamente y una humedad relativa promedio anual de 71,3%. Los valores promedio de insolación y radiación global durante el año son de 7,8 h y 20,2 MJ m⁻² día⁻¹, respectivamente. La velocidad del viento promedio anual es de 21,5 km.h⁻¹. El suelo es de textura franca, con moderada fertilidad, debido a sucesivas fertilizaciones químicas, medio en salinidad y de pH 8,30.

Se empleó un diseño experimental en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones; cada unidad experimental estuvo constituida por una parcela de 16,5 m². Para el presente estudio se evaluaron los tratamientos: T1-Testigo absoluto (sin cobertura plástica durante 60 días o suelos desnudos); T2-suelo solarizado con cobertura plástica transparente de 30 µm de espesor durante 15 días; T3-suelo solarizado durante 30 días con cobertura plástica transparente de 30 µm de espesor; T4-suelo solarizado durante 60 días con cobertura plástica transparente de 30 µm de espesor. Al momento de establecer cada tratamiento se aplicó riego por goteo para llevar el suelo a capacidad de campo.

La investigación se realizó desde el mes de mayo hasta el mes de julio del año 2012, considerado el período de mayor incidencia de radiación solar y altos grados de temperatura.

Se registraron las temperaturas del suelo a 7,5 cm de profundidad (OMM, 1996), donde en estratos menores de 15 cm el flujo de calor es variable, ya que hay más conducción, convección de radiación, evaporación y condensación de agua, con respecto a profundidades superiores (>50cm). Esto se realizó por medio de la construcción de termocuplas o sensores analógicos TST, de resistencia variable

que oscilan en mV y mediante la programación se expresan en datalogger a una escala de °C. Cada extremo del sensor fue adherido con silicona, incluyendo vainas protectoras y todo el conjunto quedó cerrado por la contraparte del tubo. Dichos sensores se instalaron en un equipo automático (Modelo DL2 datalogger, marca AT- Delta T Devices), programado para registrar datos con intervalos de 10 s y promedios cada 10 min, realizando grabación de la información cada hora. Los sensores TST se colocaron en cada una de las parcelas de los tratamientos anteriormente descritos. Además de los sensores TST, al datalogger también se le instaló un sensor de temperatura del aire (20 Kohm de resistencia) expresado en °C y un sensor de radiación directa expresado en mmol.m⁻². La información fue almacenada en un computador portátil vía puerta serial al software de recolección de datos climáticos tipo LS2e, versión 12.0.

Para los tratamientos de solarización se utilizaron, como cobertura láminas de polietileno (PE) transparente de 30 µm de espesor, como cobertura del suelo. Esta película de polietileno de baja densidad contiene un aditivo EVA (etilenoacetato de vinilo) y anti UV, lo cual le confiere mejores propiedades térmicas y de resistencia. El PE transparente es el más recomendado para estos trabajos, ya que transmite mayor cantidad de radiación, la cual es absorbida por el suelo, redundando en mayor eficiencia para el control de fitopatógenos. Además, funciona como almacenador de energía solar, lo que reduce el escape de calor (Cassanello *et al.*, 1990).

Para el análisis estadístico se utilizó el programa JMP versión 6, con el fin de obtener el cálculo de análisis de regresión lineal simple a través del cual se calcularon los coeficientes de correlación lineal simple entre las variables de temperatura y los días de solarización.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar las temperaturas las 24 h del día para cada uno de los tratamientos, se puede observar (Cuadro 1) que en horas de la mañana existe una asociación lineal positiva con coeficientes de correlación entre 0,09 y 0,40 respectivamente; correspondientes a las 6:00 y 9:00 am, por ser las horas diarias matutinas donde se muestran los mayores cambios. Esta asociación lineal positiva va disminuyendo a medida que va transcurriendo la marcha diaria de la temperatura, hasta hacerse no significativa.

En todas las horas matutinas la temperatura del suelo fue mayor en los tratamientos solarizados que en el tratamiento testigo, indicando correlaciones positivas. En el T4 la solarización incrementó la temperatura del suelo a 7,5 cm de profundidad con respecto al testigo en aproximadamente 1,06 °C, así como en el T3 y T2 con diferencias de temperatura de 1,21 y 0,28 °C, respectivamente, para las 6 horas (Figura 1). Esto corrobora que el efecto de asociación lineal positiva va disminuyendo a medida que transcurre la mañana, tal como se presenta a las 9 horas, donde se obtuvo que la diferencia entre las temperaturas alcanzadas por el tratamiento testigo y el T4, T3 y T2 es menor, con un valor aproximado de 0,74; 0,17 y 0,21 °C, respectivamente (Figura 2).

En cuanto a las temperaturas de las horas vespertinas, específicamente 12 y 18 horas, los tratamientos evaluados presentaron una asociación lineal negativa, con un coeficiente de correlación desde -0,22 a -0,04, respectivamente. Esta asociación lineal negativa va afinando a medida que la radiación va disminuyendo, hasta hacerse no significativo.

La temperatura del suelo alcanzó un efecto contrario (correlaciones negativas) con respecto a lo ocurrido en las horas matutinas, donde

Cuadro 1. Valores del coeficiente de correlación lineal de Pearson y probabilidad de significación del análisis entre la temperatura del suelo y la marcha diaria considerando el promedio de los días de solarización.

Valores	Horas (marcha diaria de la temp)			
	6	9	12	18
r	0,09	0,40	-0,22	-0,04
Prob>t	0,3741	<0,0001*	0,0400	0,6772

*Probabilidades menores a un nivel de alfa igual a 0,01 indican una asociación lineal altamente significativa entre las variables analizadas.

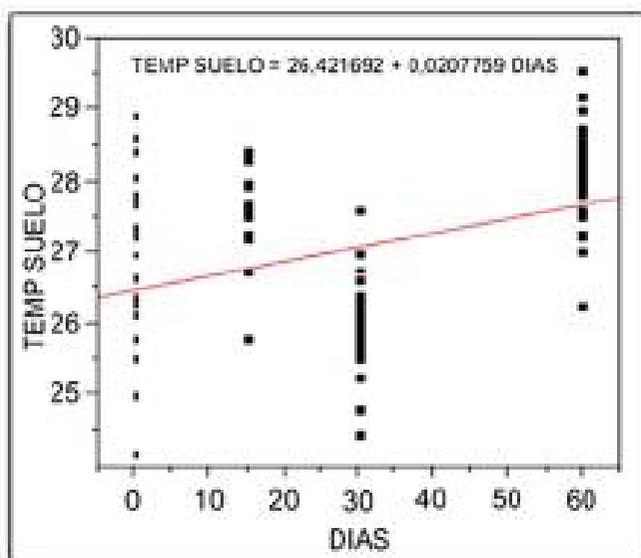


Figura 1. Análisis de regresión de la temperatura del suelo a las 6 horas en función de los días de solarización.

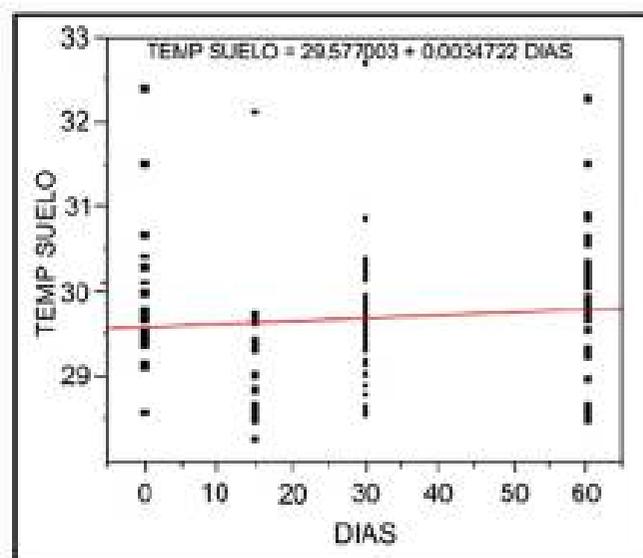


Figura 2. Análisis de regresión de la temperatura del suelo a las 9 horas en función de los días de solarización.

se obtuvo que en el tratamiento testigo (suelo desnudo) la temperatura fue mayor que en los tratamientos solarizados. En el T4 la diferencia de temperatura del suelo a 7,5 cm de profundidad con respecto al testigo es de aproximadamente 0,7 °C; incrementándose dicha diferencia en el T3 y T2 con temperatura de 3,66 y 2,01 °C a las 12 horas (Figura 3). Este efecto de asociación lineal negativa va disminuyendo tal como se observa a las 18 horas, donde se obtuvo que la diferencia entre las temperaturas alcanzadas por el tratamiento testigo y el T4, T3 y T2, obtuvieron valores aproximados de 0,92; 1,29 y 2,24 °C, respectivamente (Figura 4). Resultados similares alcanzaron Ham y Kluitenberg (1994), quienes encontraron que el cambio en el comportamiento de la cubierta es diferente entre el día y la noche, puesto que para láminas transparentes se acentuaba la influencia de la condensación del agua bajo el plástico.

Los resultados obtenidos en este trabajo son similares en el comportamiento de las temperaturas a los expresados por Martínez *et al.* (1998) a través del efecto aislante que presenta la capa de aire entre la cobertura y el suelo, ya que reduce la transmisión de energía térmica del plástico hacia el suelo durante el día y del suelo hacia el plástico durante la noche. Efecto este que es utilizado en la producción

agrícola para suprimir varios patógenos como *Fusarium oxysporum*, tal como lo indican en sus investigaciones Klein *et al.* (2011).

En la Figura 5 se observa una relación directa entre la temperatura promedio del aire y las registradas en el suelo. Tal como se muestra en el Cuadro 2, se consiguieron correlaciones positivas con alto nivel de significancia para todos los niveles evaluados, siendo más acentuados para los tratamientos con plástico que para el tratamiento testigo. Esto puede atribuirse a que el tratamiento testigo estuvo sometido a otros elementos que pudieran influenciar el comportamiento de la temperatura del suelo y del aire (viento, precipitación, entre otros), en contraste con los tratamientos con cobertura plástica que tienen un ambiente más controlado. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Camacho *et al.* (2013).

En términos generales, la relación entre el comportamiento de la temperatura y de la radiación durante el día coincide con el comportamiento típico. El máximo de radiación a las 12 horas, produce un máximo de temperatura aproximadamente a las 14 horas (Figura 6). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Martínez *et al.* (1998).

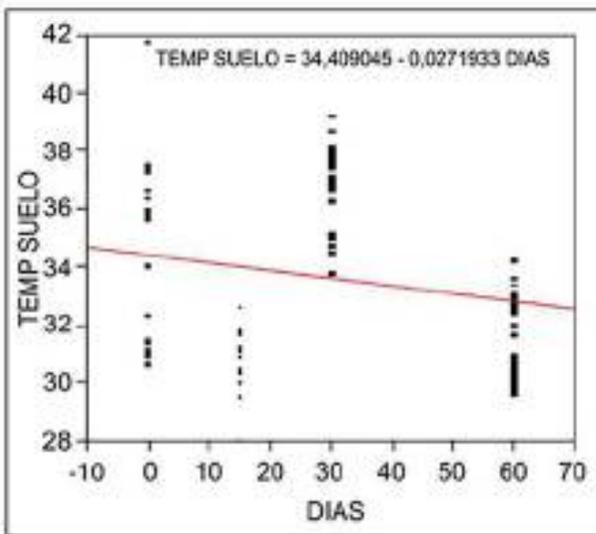


Figura 3. Análisis de regresión de la temperatura del suelo a las 12 horas en función de los días de solarización.

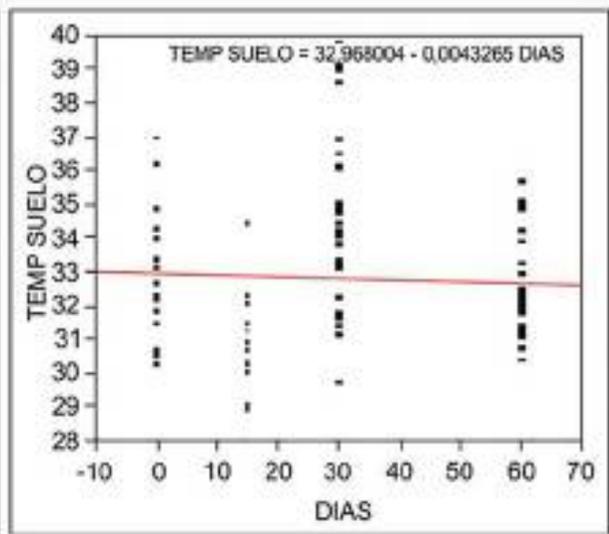


Figura 4. Análisis de regresión de la temperatura del suelo a las 18 horas en función de los días de solarización.

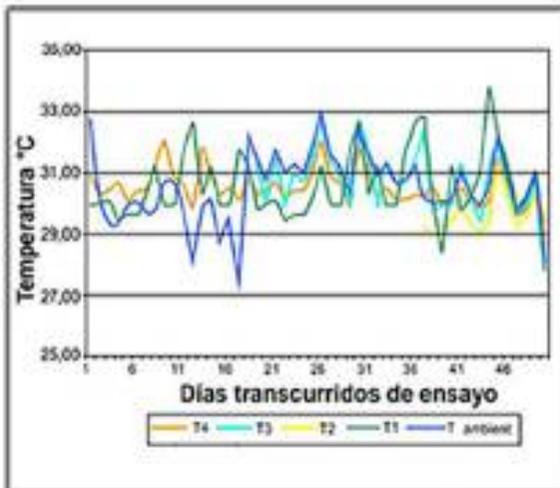


Figura 5. Temperatura promedio del aire y del suelo a diferentes días de solarización de un suelo franco en el sector El Limoncito, municipio Miranda, estado Falcón.

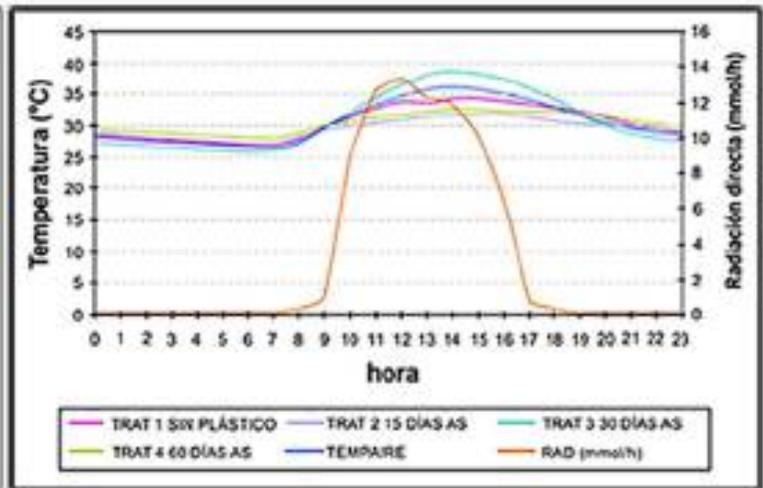


Figura 6. Radiación promedio y temperatura horaria promedio del aire y del suelo a diferentes días de solarización de un suelo franco en el sector El Limoncito, municipio Miranda, estado Falcón.

Cuadro 2. Valores del coeficiente de correlación lineal de Pearson entre la temperatura promedio del suelo a 7,5 cm de profundidad y la temperatura del aire durante el período 23/05/06 al 24/07/07.

Valores	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Correlación	0,791251	0,922976	0,98612	0,861049
Signif. Prob. *	<0,0001	<0,0001	0,0000	<0,0001

*Probabilidades menores a un nivel de alfa igual a 0,01 indican una asociación lineal altamente significativa entre las variables analizadas.

CONCLUSIONES

La solarización del suelo con PE transparente durante el periodo mayo - julio, en el sector El Limoncito del municipio Miranda, estado Falcón, resultó efectiva para aumentar la temperatura del suelo a 7,5 cm de profundidad, durante las horas matutinas en aproximadamente 1 °C.

Las temperaturas más elevadas del suelo a 7,5 cm de profundidad se alcanzaron a las 14 horas, siendo de 38,9; 32,5 y 32 °C, para los tratamientos T3, T4 y T2, respectivamente.

Se consiguieron correlaciones positivas con alto nivel de significancia para todos los tratamientos evaluados, siendo más acentuadas para los tratamientos con solarización.

La radiación solar influye directamente en la temperatura bajo PE transparente, para el suelo franco del sector estudiado.

LITERATURA CITADA

- Burrows, W. C. and W. E. Larson. 1962. Effect of amount of mulch on soil temperature and early growth of corn, *Agronomy J.* 54:19-23.
- Cassanello, M. E., A. C. Carrato y J. Franco. 1990. Efecto de la solarización en almácigos de brásicas. **En:** Resúmenes del III Congreso Nacional de Horticultura. Organizado por la Sociedad Uruguaya de Horticultura. Salto. 19 p.
- Camacho, B., J. Pinedas y H. González. 2013. Solarización y abonos verdes para el control integrado de *Pyrenochaeta terrestres* (Hansen) en cebolla. *Revista Bioagro.* 25(1):65-70.
- Ham, J. and G. Kluitenberg. 1994. Modeling the effect of mulch optical properties and mulch-soil contact resistance on soil heating under plastic mulch culture. *Agricultural and Forest Meteorology.* 71:403-424.
- Klein, E., J. Katan and A. Gamliel. 2011. Soil suppressiveness to *Fusarium* disease following organic amendments and solarization. *Plant Dis.* 95:1116-1123.
- Martínez, S. M., P. Garbi, P. Etchevers y M. Asborno. 1998. Efecto del color de la cobertura plástica sobre el régimen térmico del suelo para el cultivo de tomate en invernadero plástico. *Revista Brasileira de Agrometeorología, Santa María.* 6(2):147-150.
- Misle, A. y A. Norero. 2002. Comportamiento térmico del suelo bajo cubiertas plásticas. II. Efecto del polietileno transparente a diferentes profundidades. *Agricultura Técnica (Chile).* 62(1):133-142.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial). 1996. Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológica. OMM-N° 8. Ginebra, Suiza.
- Pullman, G. S., J. E. De Vay and R. H. Garber. 1981. Soil solarization and thermal death: a logarithmic relationship between time and temperature for soil borne plant pathogens. *Phytopathol.* 71:959-964.
- Rosado, S. 2005. Efecto de prácticas agrícolas sustentables en el manejo de nematodos fitoparasitarios en calabaza (*Cucurbita moschata* Duchth). Tesis Maestro en Ciencias. Universidad de Puerto Rico. Recinto Universitario de Mayagüez. 114 p.