

Importancia de las propiedades ópticas en films de polietileno para la producción de agua por condensación.

Maestre Valero, J.F., Martínez Álvarez, V.

Universidad Politécnica de Cartagena, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica

Dpto. de Ing. de los Alimentos y del Equipamiento. Agrícola, Área Agroforestal

Paseo Alfonso XIII, 48, 30203 Cartagena (Murcia)

Teléfono: 968 32 7052, Fax: 968 32 7031

E-mail: Josef.maestre@upct.es

Resumen. En este estudio se analiza el rendimiento de dos Condensadores Radiativos Pasivos (CRPs) de 1 m² inclinados 30° cubiertos con dos films plásticos altamente emisivos en el sureste español. La producción de condensación se determinó para cada film y se analizaron en laboratorio sus emisividades y radiancias emitidas en el intervalo del espectro comprendido entre 2,5 y 25 μm (infra-rojo medio). El film blanco fue más sensible a la formación de condensación debido a sus propiedades hidrofílicas registrando 12 eventos más de condensación mientras que el film negro fue más productivo (20,76 mm) que el film blanco (17,36 mm). Nuestros resultados sugieren que incrementar la emisividad del film en el rango completo del infra-rojo es más efectivo que mejorar la producción de condensación incrementando las propiedades hidrofílicas del material.

1 Introducción

La formación de rocío es un fenómeno atmosférico donde la humedad del aire se transforma en agua en estado líquido por medio de un enfriamiento radiativo pasivo (Monteith, 1957). Aunque en la actualidad se considera como un componente de menor importancia dentro del balance de agua de una región, adquiere bastante importancia cuando es usado por plantas y animales en ambientes secos o suministra la humedad necesaria a microorganismos para su supervivencia (Kidron et al., 2002). Además, la recogida de condensación podría servir como recurso de agua suplementario para el ser humano cuando otros como la lluvia o el agua subterránea son escasos.

En este sentido, el uso de los Condensadores Radiativos Pasivos (CRPs) se considera como una opción prometedora para estudiar y analizar la condensación. Estos CRPs consisten en una estructura plana (1 m² de superficie) instalada con una inclinación de 30° con respecto al suelo (Beysens et al., 2003). La estructura sustenta un film de polietileno donde se forma la condensación cuando la temperatura del film es menor que la temperatura de rocío y las condiciones ambientales son favorables. Las gotas de agua formadas descienden por gravedad y se transportan mediante una canaleta hacia un depósito donde es cuantificada. Algunos investigadores (Muselli et al., 2002) han cuantificado eventos de condensación con este sistema.

El estudio de la emisividad y de la radiancia emitida están estrechamente relacionados con la capacidad de enfriamiento pasivo de cada material y por tanto su estudio adquiere notable importancia pues condicionan la formación de condensación sobre su superficie (Maestre et al., 2011).

El propósito de este estudio es analizar las propiedades ópticas y el volumen de condensación recogido de dos films de polietileno.

2 Materiales y métodos

Durante el periodo de experimentación (Mayo-2009 a Mayo-2010), se monitorizaron en la Estación experimental Tomás Ferro (latitud: 37°35'N y longitud: 0°59'W) dos CRPs. Uno de ellos se cubrió con un film de polietileno negro (0,15 mm de espesor) coloquialmente usado en agricultura para acolchado. El otro CRP se cubrió con un film de polietileno blanco (0,37 mm de espesor) tratado con 5 % TiO₂ y 2 % BaSO₄, especialmente fabricado para favorecer la condensación en el rango del espectro infra-rojo cercano (7 – 14 μm; ventana atmosférica). Ambos CRPs se instalaron siguiendo las recomendaciones de Beysens et al. (2003).

Las propiedades de ambos films se analizaron en seco y en mojado. La emisividad (ε) de ambos films se determinó mediante un espectrofotómetro (FT-IR Bruker Vertex 70) para el rango infra-rojo medio del espectro (2 – 25 μm). La radiancia emitida (W) se calculó mediante la ley de Plank. Para cada DWC, la cantidad de rocío recogida entre las 20:00 y 8:00 fue registrada mediante dos balanzas de precisión (COBOS, D-3000-CBJ).

3 Resultados

3.1 Espectrometría y análisis de radiancia

El análisis espectrométrico indicó que la emisividad de ambos materiales fue bastante similar para el rango de espectro considerado (2 a 25 μm), con la excepción de la región entre 2.5 a 7 μm donde la emisividad del film blanco fue significativamente

menor que la del film negro (Fig. 1). Bajo condiciones húmedas, la emisividad fue ligeramente mayor para ambos films. La notable reducción de la emisividad del film blanco en el rango 2,5 a 7 μm afectó sensiblemente a la radiancia emitida (Fig. 2).

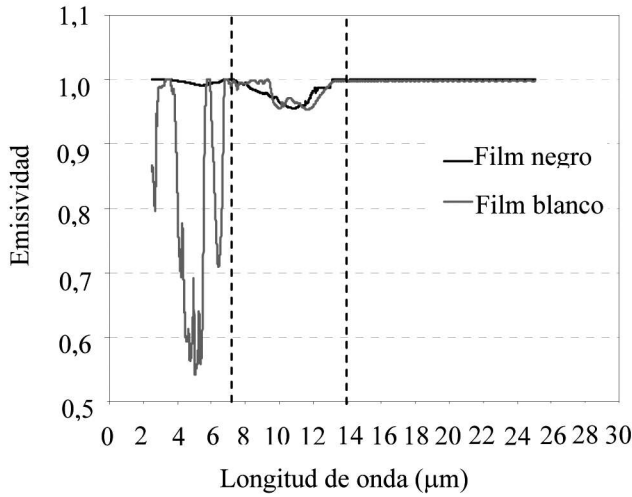


Figura 1. Distribución de la emisividad (ϵ) para ambos films en condiciones húmedas en el rango del espectro 2 a 25 μm . Las barras verticales delimitan la región 7 a 14 μm (ventana atmosférica).

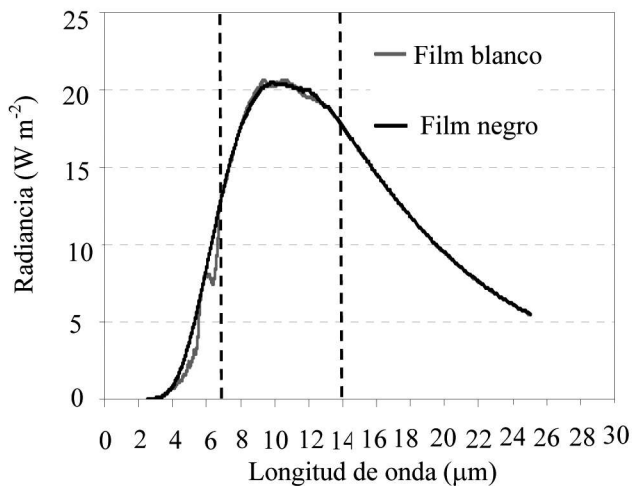


Figura 2. Distribución de la radiancia emitida ($W; W\text{ m}^{-2}$) en condiciones húmedas en el rango del espectro 2,5 a 25 μm de acuerdo a la ley de Plank asumiendo una temperatura de superficie de los film de 278K. Las barras verticales delimitan la región 7 a 14 μm (ventana atmosférica).

La región del espectro entre 7 y 14 μm supuso aproximadamente un 50% de la radiancia emitida total (W_{tot}), mientras que las regiones comprendida entre 2,5 y 7 μm y 14 y 25 μm contribuyeron con 7% y 43% respectivamente. W_{tot} fue 3,5 $W\text{ m}^{-2}$ más grande para el film negro que para el film blanco ($W_{\text{tot}} = 268.5$ y $265 W\text{ m}^{-2}$ para film negro y film blanco respectivamente). Esta diferencia fue principalmente observada en el rango 2,5 a 7 μm (19.4 vs $16.1 W\text{ m}^{-2}$).

3.2 Rendimiento de los CRPs

Durante el periodo de experimentación, el número de días de condensación fue de 175 para el film blanco y de 163 para el film negro. Sin embargo, el film negro fue un 15% más productivo (20,76 mm) que el film blanco (17,36 mm) (Fig. 3). El mejor funcionamiento del film negro podría atribuirse a su mayor emisividad y radiancia emitida. El histograma de producción de condensación en clases de 0.05 mm (Fig. 4) indicó que el mayor número de eventos de rocío de bajo volumen con el film blanco (menos de 0.05 mm) se debió a las propiedades hidrofílicas de su superficie, sin embargo, el film negro fue más eficiente en las clases más altas debido a su mayor emisividad y radiancia emitida.

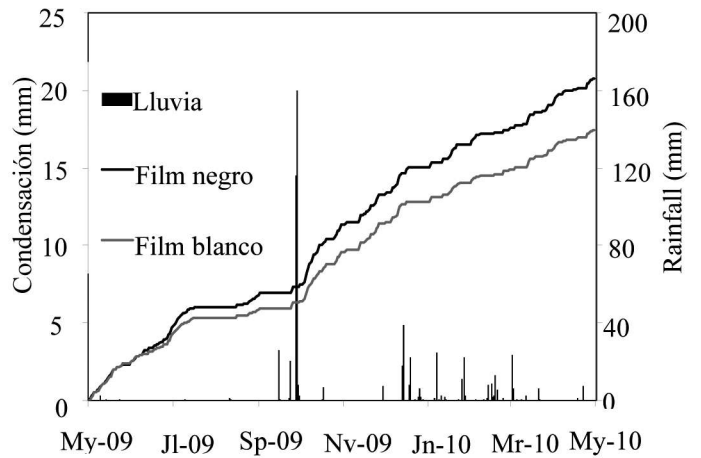


Figura 3. Condensación acumulada para los DWCs negro y blanco durante el periodo de experimentación. Barras representan eventos de lluvia (mm).

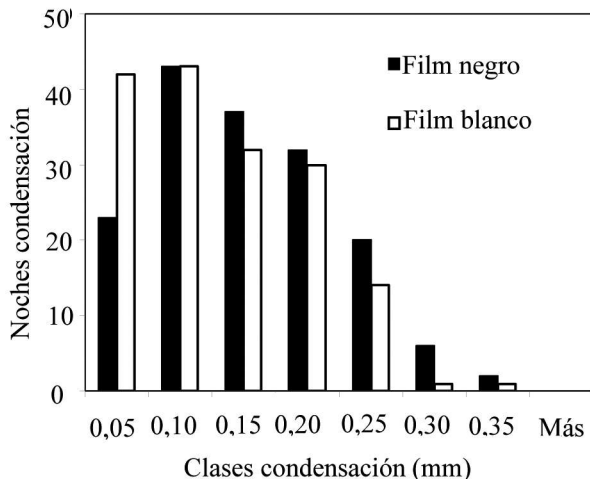


Figura 4. Histograma de frecuencias de condensación en los DWCs negro y blanco durante el periodo de experimentación.

4 Conclusiones

Nuestros resultados demuestran que la producción de condensación con el film negro, con un coste bastante inferior al film blanco, fue ligeramente superior aunque éste no presente las mismas propiedades hidrofílicas en superficie que el film blanco. La principal desventaja del film negro es el menor número de días de condensación registrados, aunque queda compensado por el aspecto cuantitativo. El análisis de la emisividad y de la radiancia emitida en toda la región del infra-rojo medio parece ser adecuada para valorar correctamente la productividad de un film. Desde un punto de vista práctico, el film negro se considera como un material adecuado para cubrir DWCs a gran escala, ya que presenta algunas ventajas con respecto al film blanco: (i) mayor producción de condensación, (ii) mayor vida útil y (iii) un coste muy inferior.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Fundación Séneca (Murcia; España) y al Ministerio de Ciencia e Innovación por la financiación de este estudio mediante las ayudas 02978/PI/05 y AGL2010-15001 respectivamente.

Referencias

- [1] J.L. Monteith. Dew. *The Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 83, 322–341. (1957).
- [2] G.J. Kidron, I. Herrnstadt, E. Barzilay. The role of dew as a moisture source for sand microbiotic crusts in the Negev Desert, Israel. *Journal of Arid Environments* 52, 517–533. (2002).
- [3] D. Beysens, I. Milimouk, V. Nikolayev, M. Muselli, J. Marcillat. Using radiative cooling to condense atmospheric vapor: a study to improve water yield. *Journal of Hydrology* 276, 1-11. (2003).
- [4] M. Muselli, D. Beysens, J. Marcillat, I. Milimouk, T. Nilsson, and A. Louche. Dew water collector for potable water in Ajaccio (Corsica island, France). *Atmospheric Research*, 64, 297–312. (2002).
- [5] J.F. Maestre-Valero, V. Martínez-Alvarez, A. Baille, B. Martín-Górriz, B. Gallego-Elvira. Comparative analysis of two foil materials for dew harvesting in a semi-arid climate. *Journal of hydrology*. Under revision (2011).