

Influencia de la humedad relativa y el viento en el funcionamiento de condensadores radiativos pasivos

Maestre Valero, J.F., Martínez Álvarez, V., Martín Górriz, B.

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. *El uso de condensadores radiativos pasivos (CRPs) parece ser una técnica adecuada para determinar y cuantificar eventos de condensación natural. En este estudio, dos CRPs se equiparon con dos films de polietileno de diferentes características físico - químicas. Uno de ellos de color blanco, tratado especialmente para favorecer la condensación y otro de color negro típicamente usado en cobertura de invernaderos. El agua condensada se recogió diariamente mediante un depósito instalado en cada CRP y se correlacionó con las principales variables meteorológicas. El CRP con el film negro recogió un 17,8 % más de condensación que el CRP con el film blanco como consecuencia de su mayor enfriamiento radiativo nocturno. Finalmente, la humedad relativa y el viento condicionaron fuertemente la formación de condensación.*

1 Introducción

La condensación natural de agua es un fenómeno físico-meteorológico de difícil medida que puede proporcionar humedad a una superficie dada. En la actualidad es considerada como un componente que tiene menor importancia dentro del balance de agua de una región. Por lo tanto las referencias al respecto son escasas (Moro et al., 2006). Sin embargo, en las regiones áridas y semiáridas, donde las precipitaciones anuales son extremadamente reducidas (aproximadamente 300 mm año⁻¹ en el sureste de España) ésta puede tener una influencia significativa en algunas épocas del año, principalmente en los meses más secos.

La condensación natural puede suministrar el agua necesaria a organismos vivos (Evenari et al., 1982; Jacobs et al., 2000), aunque puede formar gotas y películas de agua sobre plantas causando enfermedades en las hojas y afectando notablemente a su crecimiento (Wallin, 1967; Aylor, 1986).

Los primeros indicios sobre recogida del agua de condensación se datan a principios del siglo XX donde Zibold, un ingeniero Ruso, diseñó y construyó el primer condensador natural para la recogida de condensación de agua. Éste registró máximos de 350 L día⁻¹. Desde entonces varios métodos se han desarrollado para cuantificarla tales como: (i) microlisímetros (Jacobs et al., 2002), (ii) superficies para recoger condensación (Beysens et al., 2005), (iii) materiales absorbentes (Kydron, 2000) y (iv) detección de presencia o ausencia de condensación mediante sensores (Katrina et al., 2009).

Probablemente, la técnica más prometedora para cuantificar la condensación natural durante la noche es el uso de Condensadores Radiativos Pasivos (CRPs). 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. Durante la noche, el film emite más energía de la que recibe desde la atmósfera y por lo tanto se enfría. Si la temperatura del film es menor que la temperatura de rocío y existen condiciones meteorológicas adecuadas (viento < 3 m s⁻¹, HR > 75 %), se produce la condensación. Las gotas de agua formadas descienden por gravedad y el agua recogida se transporta mediante una canaleta hacia un depósito donde es cuantificada. Algunos investigadores (Muselli et al., 2002; Nilson, 1996) han cuantificado eventos de condensación con este sistema.

El propósito de este estudio es comparar simultáneamente la condensación recogida durante un año usando dos films con características físico - químicas diferentes y correlacionarla con los factores meteorológicos, humedad relativa y velocidad del viento.

2 Materiales y métodos

2.1 Diseño experimental

En Marzo de 2009, dos CRPs se instalaron en la Estación experimental Tomás Ferro (latitud: 37°35'N y longitud: 0°59'W). Uno de ellos sustentó un film de polietileno negro (0,15 mm de espesor y emisividad = 0,92), utilizado habitualmente en cobertura de invernaderos. El otro CRP se cubrió con un film de polietileno blanco (0,39 mm de espesor y emisividad = 0,90) tratado con 5 % TiO₂ y 2 % BaSO₄, especialmente fabricado para favorecer la condensación. Los CRPs se instalaron siguiendo las recomendaciones de Beysens et al. (2003).

2.2 Medidas

Durante un año (desde Marzo-2009 hasta Febrero-2010) se registraron las siguientes variables meteorológicas al nivel del CRP: (i) velocidad del

viento (Vector Instruments A100R), (ii) humedad relativa y temperatura del aire (Vaisala HMP45C probe), (iii) temperatura del film en cada CRP (IRRP infrared radiometer) y (iv) precipitación (Young 52203 tipping bucket gauge). Un depósito (1000 mL) situado sobre una balanza de precisión (Cobos CB Junior) permitió recoger el agua condensada en cada CRP y cuantificar los incrementos de peso. En cada depósito se instaló un sistema de auto-vaciado tipo sifón mediante una goma flexible de material plástico. Un data-logger (Campbell CR1000) escaneó los datos cada 10 s. Se realizaron medias horarias y diarias de las variables atmosféricas registradas para el periodo de condensación (21:00 – 9:00 horas).

3 Resultados

3.1 Condensación de agua

Durante el año de experimentación se registraron 254 eventos de condensación. El resto de días no tuvieron eventos de condensación o fueron días de lluvia y por tanto eliminados del estudio. En total se recogieron 24,54 y 20,16 mm año⁻¹ de condensación de agua en el CRP con el film negro y el blanco respectivamente. Estos valores fueron similares a los presentados por Jacobs et al. (2008). Aunque el film blanco se diseñó específicamente para facilitar la condensación, la diferencia anual de 4,38 mm se justifica por la mayor emisividad del film negro que permite un enfriamiento más rápido y alcanzar temperaturas más bajas durante la noche. La Fig. 1 muestra la condensación acumulada por ambos CRPs durante el periodo de experimentación.

Los mayores eventos de condensación se produjeron en octubre, coincidiendo estos con descensos elevados de la temperatura durante la noche, niveles de humedad relativa elevada y bajos niveles de velocidad del viento. Sin embargo, fue durante los meses de verano cuando se registraron los menores eventos de condensación, coincidiendo con altas temperaturas durante la noche que no permitieron un descenso de la temperatura del film por debajo de la temperatura de rocío. Generalmente el CRP con el film negro permitió recoger más agua que el CRP con el film blanco. La Fig. 2 presenta la condensación mensual para cada CRP durante el periodo de experimentación.

3.2 Efecto de la humedad relativa

Los valores medios diarios de humedad relativa se calcularon para el periodo de condensación (21:00 – 9:00 horas). Los eventos de condensación se correlacionan fuertemente con la humedad relativa, manifestando una tendencia exponencial (Fig. 3).

El 66 % de los eventos de condensación (167 días) se produjeron para valores de humedad relativa > 75 %. Estos eventos supusieron 21,14 y 17,45 mm para el CRP con el film negro y el CRP con el film blanco respectivamente. Esto es el 86 % del total de conden-

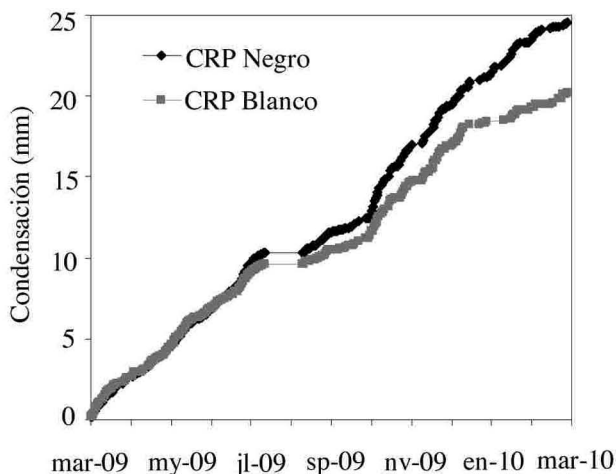


Fig. 1. Condensación acumulada en cada condensador radiativo pasivo durante el periodo de experimentación.

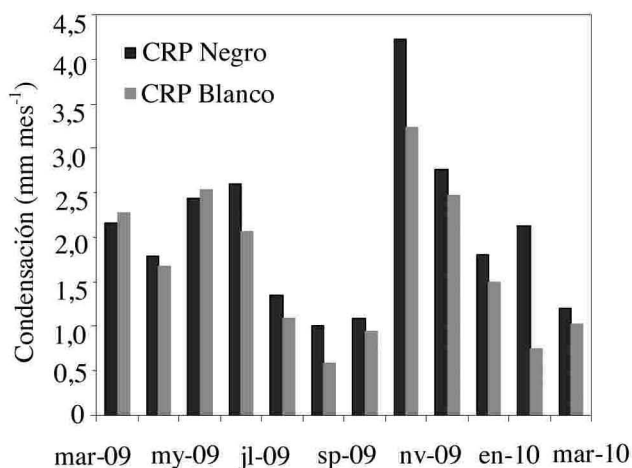


Fig. 2. Condensación mensual en cada condensador radiativo pasivo durante el periodo de experimentación.

-sación recogida durante el periodo de experimentación.

Se pone de manifiesto la importancia de la humedad relativa no solo en la formación sino también en la cantidad de condensación recogida.

3.3 Efecto del viento

Los valores medios diarios de velocidad del viento se calcularon para el periodo de condensación (21:00 – 9:00 horas). Al igual que la humedad relativa, la acción de viento sobre el CRP tuvo un notable efecto sobre la condensación.

Los eventos de condensación correspondientes a los valores medios diarios de velocidad de viento menor de 1,5 m s⁻¹ supusieron el 85 % de los eventos de condensación (217 días). Durante estos días se registraron 23,10 y 19,02 mm para el CRP con el film negro y el CRP con el film blanco respectivamente.

Esto es un 94 % del total de condensación recogida durante el periodo de experimentación.

4 Conclusiones

El uso de CRPs resultó ser una técnica apropiada para registrar y cuantificar los eventos de condensación.

La mayor emisividad del film negro facilitó el mayor enfriamiento radiativo nocturno de este film y por tanto se justifican las cantidades mayores de agua de condensación registradas.

Tanto la humedad relativa como la velocidad del viento condicionaron fuertemente la condensación. Valores de humedad relativa bajos (< 75%) y de viento altos (> 1,5 m s⁻¹) marcan un umbral por debajo del cual se reduce considerablemente la condensación de agua en los CRPs.

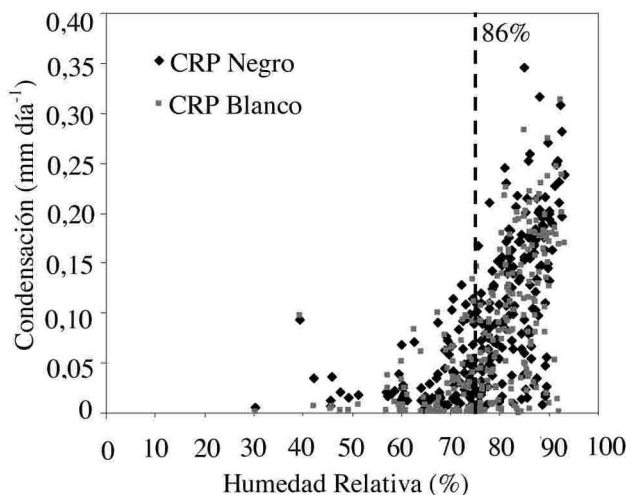


Fig. 3. Relación diaria entre la humedad relativa y la condensación registrada en cada condensador radiativo pasivo durante el periodo de experimentación.

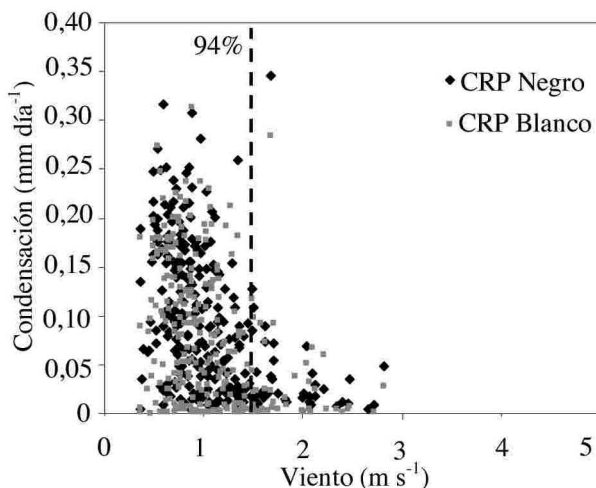


Fig. 4. Relación diaria entre el viento y la condensación registrada en cada condensador radiativo pasivo durante el periodo de experimentación.

Referencias

- [1] M.J. Moro, A. Were, L. Villagarcí, Y. Cantón, F. Domingo. "Dew measurement by Eddy covariance and wetness sensor in a semiarid ecosystem of SE Spain". *J. Hydrology*, 335, 295 – 302, (2007).
- [2] M. Evenari, I. Shanan, and N. Tadmor, "The Negev: Challenge of a Desert". University Press, Cambridge Mass., 284 pp, (1982).
- [3] A.F.G. Jacobs, B.G. Heusinkveld, S.M. Berkowicz. "Surface dew measurements across a linear dune transect". *Intl. J. Biometeorology*, 43, 184-190, (2000).
- [4] J.R. Wallin. "Agricultural aspects of dew", *Agric. Meteorol.*, 4, 85-102, (1967).
- [5] D.E. Aylor, "A framework for examining inter-regional aerial transport of fungal spores", *Agric. Forest Meteorol.*, 38, 263-288, (1986).
- [6] A.F.G. Jacobs, B.G. Heusinkveld, S.M. Berkowicz. "A simple model for potential dewfall in an arid region". *Atmospheric Research* 64, 285-295, (2002).
- [7] D. Beysens, M. Muselli, V. Nikolayev, R. Narhe, I. Milimouk. "Measurement and modelling of dew in island coastal and alpine areas". *Atmospheric Research* 73 (1/2), 1 22, (2005).
- [8] G.J. Kidron. "Analysis of dew precipitation in three habitats within a small arid drainage basin, Negev Highlands, Israel". *Atmospheric Research* 55 (3-4), 257-270, (2000).
- [9] R. Katrina. "Adaptation of a leaf wetness model to estimate dewfall amount on a roof surface" *Agricultural and Forest Meteorology* 149, 1377-1383, (2009).
- [10] D. Beysens, I. Milimouk, V. Nikolayeva, M. Muselli, J. Marcillat, "Using radiative cooling to condense atmospheric vapor: a study to improve water yield". *J. Hydrology*, 276, 1-11, (2003).
- [11] M. Muselli, D. Beysens, J. Marcillat, I. Milimouk T. Nilsson, A. Louche. "Dew water collector for potable water in Ajaccio (Corsica island, France)". *Atmos. Res.* 64, 297-312, (2002).
- [12] T. Nilsson. "Initial experiments on dew collection in Sweden and Tanzania". *Sol. Energy Mat. Sol. Cells*, 40, 23-32, (1996).
- [13] A.F.G. Jacobs, B.G. Heusinkveld, S.M. Berkowicz. "Passive dew collection in a grassland area, The Netherlands" *Atmospheric Research* 87, 377-385, (2008).