

## Eje temático elegido: 2. Agua y gestión del recurso.

### Análisis de la Humedad del Suelo en Riego Localizado mediante Sensores.

*Domínguez-Niño J.<sup>1</sup>, Oliver J.<sup>2</sup>, Casadesús<sup>3</sup> J.*

<sup>1</sup> Investigador en formación, IRTA, Programa de Uso Eficiente del Agua, [jesus.dominguez@irta.cat](mailto:jesus.dominguez@irta.cat)

<sup>2</sup> Técnico de Soporte a la Investigación, IRTA, Programa de Uso Eficiente del Agua, [jordi.oliver@irta.cat](mailto:jordi.oliver@irta.cat)

<sup>3</sup> Investigador, IRTA, Programa de Uso Eficiente del Agua, [jaume.casadesus@irta.cat](mailto:jaume.casadesus@irta.cat)

#### Resumen.

El uso eficiente del agua de riego requiere varios tipos de información. Uno de los elementos de la programación eficiente del riego es monitorizar la humedad del suelo para asegurar que los objetivos del riego en los cultivos se están cumpliendo. Los sensores de humedad permiten determinar el contenido hídrico del suelo, pero falta ver cómo utilizarlos en riego por goteo para sistemas de control y automatización. Para usarlos de manera fiable y tomar decisiones es importante caracterizar un suelo y ver la dinámica del agua alrededor de un gotero. En el presente estudio se emplearon sensores de humedad 10HS Decagon en un cultivo de manzanos localizados en la Estación Experimental de Lleida (IRTA), en la región de Cataluña (España), que fueron sometidos a una monitorización en diferentes profundidades (15cm, 30cm y 60cm) y posiciones: bajo gotero (A), entre goteros (B), perímetro de zona mojada por gotero (C) y a 1m del tubo de riego (D). Se llevó a cabo el análisis de los diferentes sensores a la percepción del riego y precipitación. Los resultados obtenidos evidenciaron que la profundidad óptima es de 30 cm y las posiciones preferibles son las de bajo gotero (A) y entre goteros (B).

**Palabras clave:** riego por goteo; sensor de humedad del suelo; sensibilidad; programación del riego; manzano.

#### Abstract.

The efficient use of irrigation water requires several kinds of information. One element of efficient irrigation scheduling is monitoring the soil moisture to assure the crop irrigation goals are being met. Soil moisture sensors allow to determine soil water content but not how to use them in control systems or automation. To relay on their use and making decisions its important to characterize the soil and see the water dynamic around the drip. Soil moisture sensors (10HS Decagon) were used in order to assess soil dynamic and water content of Apple tree crop located in Experimental Station of Lleida (IRTA), in Catalonia region (Spain). Apple trees were monitored at several depths (15cm, 30cm y 60cm) and positions: under drip (A), between drips (B), wet area perimeter (C) and 1m from the irrigation tube (D). The sensitivity of the different sensors of irrigation and rain was studied. The results showed that 30 cm was the ideal depth and the best position were under drip (A) and between drip (B).

**Keywords:** drip irrigation; soil moisture sensor; responsiveness; irrigation scheduling; apple tree.

#### Introducción

El agua de riego es esencial para la producción rentable de cultivos. El manejo adecuado del riego es clave para obtener altos rendimientos y evitar el estrés causado por demasiada o muy poca agua. La gestión inadecuada del riego limita los rendimientos con mayor frecuencia y en mayor grado que cualquier otro factor de producción. Quizás la razón por la

que las prácticas de riego a menudo no son óptimas es que casi toda la acción ocurre en el suelo fuera de nuestra vista (Orloff, S et al, 2001).

El empleo de sensores es necesario para obtener información relevante acerca el estado del suelo, con el fin de proporcionar feedback al sistema de control, así como para la detección de anomalías y otros eventos. También es importante el empleo de datos que arrojan estos sensores para la toma de decisiones operativas en la supervisión y control de riego (Muñoz-Carpena et al, 2014).

El **objetivo** general del presente estudio es interpretar sensores de humedad del suelo localizados en diferentes posiciones relativas y profundidades dentro de un contexto de riego localizado.

### **Metodología**

El ensayo se realizó durante el año 2017 en la Estación Experimental de Lleida (IRTA) localizada en la región de Cataluña (España), en una plantación de manzanos (*Malus domestica*, variedad Golden Reinders) con un marco de plantación de 3,63 x 1,2 m. El suelo de dicho cultivo era de textura franca constituido por 30% arenas, 15% limos gruesos, 29% limos finos y 26% arcillas. El sistema de riego localizado consistía en un tubo de riego con goteros de caudal 3.5 l/h.

En la parcela se encontraba un tratamiento altamente monitorizado con 30 sensores 10HS de la casa Decagon Devices, con un volumen de exploración teórico aproximadamente de 1,3L de suelo. Los datos provenientes de los sensores se almacenaron en un datalogger de la casa Campbell Scientific modelo CR800, que se volcaba telemáticamente a un ordenador.

Se monitorizaron 3 goteros, en cada gotero se disponía de sensores en 4 posiciones (bajo gotero [A], entre goteros [B], en el perímetro de la zona mojada por el gotero [C] y a 1m del tubo de riego [D]), y para cada posición había 3 profundidades (15cm, 30cm y 60cm) donde se colocaron sensores, a excepción de la posición D en la que los sensores solo estaban ubicados a la profundidad de 30 cm.

Los datos de sensores se validaron mediante tensiómetros de la casa Irrometer instalados en las posiciones A y B a 30 cm de profundidad. Asimismo, para contrastar el comportamiento de los sensores se realizaron ciclos semanales en los que se variaba la dosis de riego. Se alternaban días de secado, en los que la cantidad de riego era 2mm inferior a las necesidades, con días de rehidratación, en los que la cantidad de riego era 2mm superior a las necesidades y días control en los que cantidades de riego estaban ajustadas a las necesidades.

### **Resultados y discusión**

La parcela de estudio se caracterizó por estar altamente monitorizada y ser útil para analizar la variabilidad de patrones que mostraron tantos sensores de humedad volumétrica como tensiómetros, por ello fue interesante que existiesen diferentes posiciones y profundidades, así como repeticiones de los puntos, con el fin de evaluar la automatización del riego, comparar mediciones, determinar fallos en sensores y detectar eventos meteorológicos

Los resultados obtenidos por los sensores de humedad mostraron que, para la **posición bajo gotero (A)**, todos los sensores siguieron un patrón similar, de modo que respondían rápidamente cuando se aplicaban bajas dosis riego. Los sensores ubicados en la posición de 15 cm se caracterizaron por ser muy sensibles al riego y por lo tanto sufrir cambios muy drásticos de hidratación-deshidratación en un corto periodo de tiempo. Los sensores localizados en la profundidad de 30 cm tuvieron un comportamiento similar a los de 15cm,

pero con un mayor contenido de agua y por ello alcanzaron la saturación con un menor aporte hídrico. A 60 cm de profundidad, el contenido hídrico fue mayor, por ello los sensores ofrecieron una respuesta a menores volúmenes de agua, alcanzando rápidamente la saturación, teniendo una mayor inercia ya que no sufren grandes variaciones de hidratación-deshidratación y mantienen la humedad en el tiempo.

En la **posición entre goteros (B)**, a profundidades de 15cm y 30cm, los sensores respondieron rápidamente a bajas aplicaciones de riego al igual que la posición bajo gotero. Los sensores localizados a 60 cm de profundidad tuvieron mayor variación entre mínimos y máximos que en la posición anterior, estando el suelo más seco y por lo tanto el aporte de riego para alcanzar la saturación fue mayor.

En las posiciones A y B en las que se instalaron **tensiómetros**, estos mostraron que el suelo objeto sufre ciclos de hidratación y deshidratación muy drásticos, pasando de los estados saturado (0-10 kPa) y adecuadamente mojado (0-30 kPa) cuando la dosis de riego aumentaron 2mm, a un estado en el que el suelo alcanzaba una alta sequedad (100-150 kPa) cuando la dosis de riego disminuían 2mm. En estas posiciones, tensiómetros y sensores de humedad proporcionaron datos correlacionados entre sí y sus lecturas fueron útiles para conocer el movimiento del agua en el suelo en un contexto de riego localizado.

En la **posición de perímetro de la zona mojada por el gotero (C)**, se vieron dos partes bien diferenciadas, a profundidades de 15 cm y a 30 cm el suelo estaba más seco, y los sensores ofrecieron una respuesta poco variable a lo largo del día y por ello un comportamiento poco atenuado en el tiempo. Mientras que a 60 cm existía un mayor contenido volumétrico de agua, asimismo es esta profundidad los sensores en algunos periodos de tiempo ofrecieron respuestas a contenidos de agua moderadamente variables, debida principalmente a la acumulación de agua en estas localizaciones o bien a la presencia de caminos preferentes.

En la **posición de 1m del tubo de riego (D)**, solo se instalaron sensores a 30cm de profundidad. Estos sensores apenas sufrían variaciones en el momento que se realizaba el riego, manteniendo un comportamiento prácticamente estacional y solo respondían cuando las precipitaciones eran intensas.

## **Conclusiones**

Los sensores de mayor interés para el control del riego son los ubicados en la posición frente al gotero (A) y la posición entre goteros (B). La profundidad óptima de localización de los sensores es a 30cm ya que, al aplicar un riego tras una sequía, los sensores ubicados a 15cm de profundidad se recuperan y se saturan rápidamente, mientras que a 60cm los sensores son menos sensibles al riego y a la absorción por parte de las raíces.

## **Agradecimientos**

Este trabajo ha sido financiado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) (Proyecto RTA2013- 00045-C04-01 y FPI INIA), por el Fondo Social Europeo y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

## **Referencias bibliográficas**

Orloff, S; Hanson, B; Putnam, D. 2001. Soil-Moisture Monitoring. A Simple Method to Improve Alfalfa and Pasture Irrigation Management. In University of California educational brochure.

Muñoz-Carpena, R.; Dukes, M.D.; Li, Y.C.; Klassen, W. 2005. Field comparison of tensiometer and granular matrix sensor automatic drip irrigation on tomato. HortTechnology 15(3):584–590.