

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN LISÍMETRO DE PESADA PARA LA MEDICIÓN DE EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL EN VID EN MENDOZA, ARGENTINA

Olmedo, G.; Vallone, R. & F. Tozzi
INTA EEA Mendoza, San Martín 3853, Luján de Cuyo. M5507EVY.
folmedo@mendoza.inta.gov.ar

RESUMEN

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ETc aj) se refiere a la evapotranspiración de cultivos que crecen bajo condiciones ambientales y de manejo diferentes de las condiciones de referencia. Bajo condiciones de campo, la evapotranspiración real del cultivo puede desviarse de ETc debido a condiciones no óptimas como son la presencia de plagas y enfermedades, salinidad del suelo, baja fertilidad del suelo y déficit o exceso de agua. Esto puede resultar en un reducido crecimiento y menor densidad de plantas y así reducir la tasa de evapotranspiración por debajo de los valores de ETc.

Las técnicas micrometeorológicas como el método de la relación de Bowen o la covarianza de torbellinos se pueden utilizar para medir directamente la ETc aj, pero los lisímetros de pesada siguen considerándose el método estándar de determinación.

Los lisímetros son tanques aislados rellenos con suelo disturbado o no disturbado en los que el cultivo crece y se desarrolla en las mismas condiciones del campo. En lisímetros de pesaje de precisión, la evapotranspiración se puede obtener con una exactitud de décimos de milímetro, donde la pérdida de agua es medida directamente por el cambio de masa y períodos pequeños tales como una hora pueden ser considerados.

La construcción de un lisímetro de pesada aportará información útil para la calibración local de Kc y las necesidades hídricas de la vid en diferentes condiciones. Además permitirá la calibración de métodos indirectos para estimar la ETc aj.

El lisímetro de pesada construido posee las siguientes características: 2.5 metros de lado (6.25 m² de superficie) y una profundidad efectiva de 1.5 metros. Contendrá en su interior 2 plantas de vid que se mantendrán en idénticas condiciones a las plantas de la parcela donde está instalado. Consiste en un tanque de fibra de vidrio, reforzado mediante una estructura metálica en forma de jaula que lo envuelve. El tanque reposa sobre un base rígida que a su vez apoya sobre 4 celdas de carga. Todo el sistema apoya sobre un soporte de hormigón. La señal de las celdas de carga es leída y almacenada en un recolector de datos (RD). El agua de drenaje es recolectada por un sistema por gravedad y pesada. El RD también almacena información de sensores de humedad y temperatura de suelo, ubicados dentro y fuera del lisímetro y los datos de sensores meteorológicos ubicados junto al lisímetro.

Palabras claves: lisímetro, vid, evapotranspiración

Introducción.

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ETc aj) se refiere a la evapotranspiración de cultivos que crecen bajo condiciones ambientales y de manejo diferentes de las condiciones de referencia. Bajo condiciones de campo, la evapotranspiración real del cultivo puede desviarse de ETc debido a condiciones no óptimas como son la presencia de plagas y enfermedades, salinidad del suelo, baja fertilidad del suelo y déficit o exceso de agua. Esto puede resultar en un reducido crecimiento y menor densidad de plantas y así reducir la tasa de evapotranspiración por debajo de los valores de ETc.

Las técnicas micrometeorológicas como el método de la relación de Bowen o la covarianza de torbellinos se pueden utilizar para medir directamente la ETc aj, pero los lisímetros de pesada siguen considerándose el método estándar de determinación.

Los lisímetros son tanques aislados rellenos con suelo disturbado o no disturbado en los que el cultivo crece y se desarrolla en las mismas condiciones del campo. En lisímetros de pesaje de precisión, la evapotranspiración se puede obtener con una exactitud de décimos de milímetro, donde la pérdida de agua es medida directamente por el cambio de masa y períodos pequeños tales como una hora pueden ser considerados.

La construcción de un lisímetro de pesada aportará información útil para la calibración local de Kc y las necesidades hídricas de la vid en diferentes condiciones. Además permitirá la calibración de métodos indirectos para estimar la ETc aj.

Materiales y Métodos.

Diseño y construcción

Descripción general.

El lisímetro consiste en un tanque de fibra de vidrio, reforzado mediante una estructura metálica en forma de jaula que lo envuelve. El tanque reposa sobre un base rígida que a su vez apoya sobre 4 celdas de carga. Todo el sistema apoya sobre un soporte de hormigón. La señal de las celdas de carga es leída y almacenada en un recolector de datos (RD). El agua de drenaje es recolectada por un sistema por gravedad y pesada. El RD también almacena información de sensores de humedad y temperatura de suelo, ubicados dentro y fuera del lisímetro y la lectura de un pluviómetro y un termómetro ubicados sobre el lisímetro. Toda esta información es enviada mediante señales de radio (protocolo zigbee) a un servidor ubicado en INTA Mendoza. Todo el sistema está alimentado por una batería de 12 volts que a su vez es recargada mediante un panel solar.



Fig. 1: Lisímetro de pesada

Tanque del lisímetro.

El tanque interno del lisímetro está fabricado en fibra de vidrio (FV). En el exterior del mismo posee un estructura metálica en forma de jaula para aumentar su resistencia. Las medidas del tanque son 2.5 m x 2.5 m x 2 m. Las dimensiones fueron calculadas para acomodar 2 plantas de vid con un espaciamiento entre hileras de 2.5 m y entre plantas de 1.50 m. En el interior se instalaron unos



Fig. 2: Tanque interno

perfiles metálicos horizontales cuyo principal objetivo es disminuir el flujo de agua por las paredes del lisímetro. Además las paredes opuestas están unidas internamente por un sistema de alambres tensados que transmiten las cargas laterales a la estructura externa de contención.

Este lisímetro es del tipo “reconstituido”, por lo que el suelo dentro del tanque es el mismo suelo de la apertura del pozo, que se colocó igualando las condiciones de distribución y compactación originales. En la parte más profunda del tanque se colocó primero una capa de grava de 15 cm, para mejorar el rendimiento del sistema de drenaje. Esta capa cumple la función de filtro para evitar la obturación del sistema de

drenaje y permite el movimiento libre del agua al sistema de drenaje. Los 185 cm. siguientes son ocupados por el suelo reconstituido.

Sistema de drenaje por gravedad.

Sobre el piso del tanque se ubica el sistema de drenaje (SD) formado por un conjunto de caños de PVC ranurados cuya función es recolectar el agua de drenaje para su posterior medición. El ranurado fue realizado de forma manual, el largo de las ranuras es de 40 mm y su espesor de 4.5 mm, la distancia entre ranuras de 25 mm, y cada cinco ranuras hay 50 mm y rotación de 90° en el sentido transversal. Las ranuras estarán en posiciones alternadas para disminuir la pérdida de resistencia del caño. El sistema de drenaje termina en una salida de 50 mm de diámetro en el centro inferior de uno de los laterales del tanque.



Fig. 3: Detalle del sistema de drenaje

Inmediatamente debajo del tanque se ubica un tanque que almacena el agua de drenaje. Luego de su medición esta es eliminada periódicamente permitiendo su infiltración en el suelo.

Sistema de pesada.

El sistema de pesada está constituido por 4 celdas de carga, marca BSL modelo GFX-1, con una capacidad de 10000 kg y una sensibilidad de 3 mV/V. Estas, están instaladas según las especificaciones del fabricante sobre una superficie de soporte de hormigón. El sistema de transmisión del peso contempla un mecanismo para evitar las cargas axiales. Sobre las celdas de carga apoya un estructura de acero sobre la cual está ubicado el tanque de FV con su base de rígida en contrachapado de madera resistente a la humedad. La vida útil de las mismas en condiciones de operación es de unos 10 años. La seguridad de sobrecarga para cada una de las celdas es de 12000 kg, y para el sistema de pesada es de 48000 kg.



Fig. 4: Ubicación del sistema de pesada

Sistema de medición del medio edáfico interno / externo y meteorología.

Dentro del tanque lisímetro se instalaron sensores de humedad y temperatura. Los sensores de humedad son del tipo Watermark y se encuentran dispuestos a 2 profundidades diferentes (50, y 100 cm.). Además dentro del tanque se colocaron 2 tubos para la medición de la humedad con una sonda capacitiva DIVINER 2000 en diferentes posiciones con respecto al bulbo húmedo. Los sensores de temperatura estarán instalados a 4 profundidades diferentes (15, 50, 100 y 150 cm.). Además, en el exterior del tanque se replicará la misma instalación de sensores de temperatura y humedad. A poca distancia del lisímetro se colocó un pluviómetro y una pequeña estación meteorológica con sensores de humedad relativa, temperatura del aire, hoja mojada y velocidad y dirección del viento a 2 m.

Sistema de conducción, riego y vegetal.

El lisímetro se instaló en una parcela de 1.44 ha de vid, variedad Malbec (clon 19 INTA) conducida en espaldero alto. Las dimensiones del tanque se calcularon para un distanciamiento entre hileras de 2.5 metros y de 1 metro entre plantas. El sistema de conducción (postes y alambres) estará aislado del resto de la parcela, para evitar errores en el pesaje.

El riego de la parcela y de las plantas dentro de lisímetro es por goteros autocompensados (q 1.6 l/h espaciados a 0.6m). El riego se manejará evitando producir lixiviación y a partir de los sensores de humedad colocados dentro y fuera del lisímetro. Además, en la manguera se instalará un sensor de presión para registrar los tiempos y momentos de riego.

El manejo del canopeo de toda la parcela debe ser uniforme para evitar aumentos en la ET debidas al efecto oasis.

Sistema electrónico.

Los datos obtenidos de las celdas de carga, de sensores de humedad y temperatura son registrados por un microcontrolador (PIC) marca Microchip, modelo PIC18F4550. Este modulo posee un sistema de transmisión serie para comunicarse con una PC. El micro tiene como respaldo una memoria EEPROM modelo 24LC512, con la capacidad de almacenar 64.000 datos con un tamaño de 8 bits. El sistema para la adquisición de datos de los tensiómetros se realiza por medio del conversor analógico digital que posee el PIC, este dispositivo posee 8 canales de conversión. La toma de datos de las celdas de carga se realiza con el integrado de la familia Analog Devices modelo AD7730 de 24 bits, este entrega al PIC los datos de las celdas de carga en forma digital. Los valores de temperatura son registrados por un sensor del tipo Dallas DS18S20, estos sensores se conectan en forma paralela entregando los datos en forma analógica al PIC.

El modulo de control de potencia es el encargado de comandar las electroválvulas, este es el encargado de cerrar o abrir las electroválvulas para que el agua acumulada sea drenada para su peso y su posterior evacuación. Este sistema está comandado por un opto acoplador y un circuito para el manejo de una electroválvula que se comanda con 12V. Este opto acoplador posee la característica de aislar eléctricamente al modulo de control del modulo de potencia, evitando principalmente las interferencias por ruido.

El sistema de transmisión se realiza mediante un sistema de transmisión por radio frecuencia, esto es a través de dos módulos de transmisión zigbee Pro con puerto RS232, estos trabajan en el orden de los 433 Mhz, con una potencia de transmisión de 100mW.

Toda la energía para energizar el sistema es provista por 2 baterías de 12V 7A, recargable por medio de un panel solar de 300 mW y su respectivo regulador de carga. El almacenamiento de energía será dimensionado previendo una autonomía de al menos 2 días.

Cálculos teóricos.

Superficie del lisímetro = 6.25 m²

Profundidad efectiva = 1.5 m

Profundidad real = 2 m

Volumen efectivo = 9.375 m³

Volumen real = 12.5 m³

Volumen de suelo = 12.5 m³

Peso específico aparente = 1350 kg/m³ ¹

Peso específico aparente grava / arena = 1700 kg/m³ ²

Peso del suelo efectivo (sin agua) = 12656 kg

Peso de suelo y filtro de grava y arena = 17968,5 kg

Contenido de agua en saturación (Ws) = 35 g%g ³

Contenido de agua en capacidad de campo (Wc) = 24 g%g ⁴

Contenido de agua en punto de marchitez (Wm) = 10 g%g

Peso del lisímetro en Ws = 22781.25 kg

Peso del lisímetro en Wc = 20925 kg

Peso del lisímetro en Wm = 18562.5 kg

Volumen de agua a drenar desde Ws a Wc = 1856.25 l

Volumen de agua desde Wc a Wm = 2362.5 l

Diferencia de peso por la evapotranspiración de 1 mm de agua = 6.25 kg

Construcción e instalación.

Apertura de la perforación para el lisímetro.

Se demarcó el sector a perforar en la parcela, luego de establecidas las plantas a extraer. La perforación tendrá un tamaño de 2.9 m en el sentido E-W, 3.4 m en el sentido de las hileras y una profundidad de 3.3 m. El volumen de suelo a extraer es de 32,5 m³. La tierra que se fue extrayendo se fue separando por profundidad, cada 30 cm. La tierra fue dispuesta en pilas convenientemente demarcadas. Sobre el perfil de suelo descubierto se midió la compactación a partir de la densidad aparente y textura. Los resultados muestran un perfil sin piedras en los primeros 3 m de profundidad de textura franco a franco arenosa, sin compactación.

Obra civil de soporte del lisímetro y refuerzo de taludes.

Los primeros 30 cm de la perforación se llenaron con grava, para mejorar el drenaje. En el sector

1 valor aproximado, no medido

2 valor extremo para arena, apuntes de Edafología FCA-UNCU

3 según valor promedio para suelo franco

4 según curva de capacidad hídrica estándar FCA-UNCU

central, donde apoya la estructura de hormigón, se compactó y se hormigonó para mejorar el asentamiento. Luego se procedió a fabricar en el lugar el encofrado y estructura de la base de hormigón. Y finalmente fue llenado con hormigón elaborado.

Una vez concluidas estas tareas se colocó el soporte para las celdas de carga, quedando el lisímetro montado sobre 4 bases niveladas, el sistema de pesada y el tanque lisímetro.

Llenado del tanque lisímetro.

Con el sistema de drenaje instalado en la base del tanque se agregó en la parte más profunda del tanque una capa de grava de 15 cm y luego una capa de arena gruesa de 15 cm. Luego se fueron colocando en capas de 30 cm de suelo en sentido inverso a la extracción, para igualar las condiciones originales del suelo. En este momento también se instalaron los postes del sistema de conducción. Luego de agregada cada capa, se las compactó agregando agua hasta saturación.



Fig. 6: Estructura externa



Fig. 5: Llenado del tanque lisímetro

Plantación y sistema de riego

Luego de llenado el tanque del lisímetro, e instalado el sistema de conducción se procedió a la plantación. Se instaló el sistema de conducción en una parcela de 1.44 Ha con el lisímetro en el centro. Luego en enero de 2012, se plantaron 4800 plantas de vid uninodales variedad Malbec libres de virus, clon 19 INTA conducidas en espaldero alto, con 2 alambres móviles. La distancia entre plantas fue de 1.50 m y entre hileras de 2.5m, orientadas de norte a sur. En el invierno se podaron a 2 yemas. El laboreo que se realizó fue mixto con múltiple en el interfilas y herbicida bajo planta. Finalmente se instaló el sistema de riego con goteros autocompensados de 1.6 l/h de caudal espaciados a 0.6m, con los laterales colgados a 0.4m de altura.

Cableado y conexión de sensores

Finalmente se procedió a instalar los sensores de humedad y temperatura dentro y fuera del lisímetro, la estación meteorológica y la electroválvula para el vaciado del sistema de drenaje.

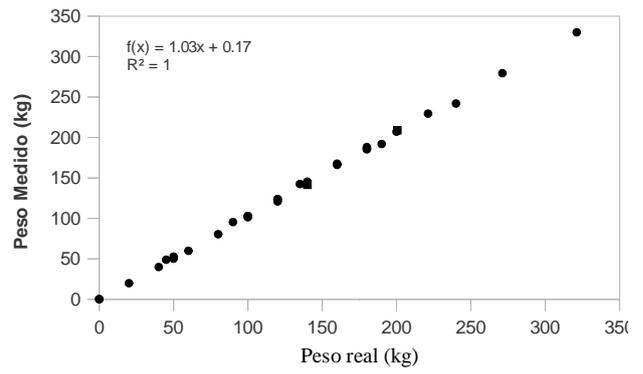


Fig. 7: Calibración del sistema de pesada