

# Efecto de la hora del día en el potencial hídrico foliar del sorgo y su relación con la humedad en el suelo

## *Effect of day time on leaf water potential in sorghum and their relationship with soil humidity*

Aymara García López<sup>1</sup>, Reinaldo Cun González<sup>1</sup> y Lorenzo Montero San José<sup>2</sup>

**RESUMEN.** El presente trabajo evaluó el efecto de la hora del día en la medición del potencial hídrico foliar y su relación con la humedad volumétrica en el suelo, durante el cultivo de plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench var. Blanco C-21). Las mediciones de potencial hídrico foliar se realizaron para dos tratamientos: riego y secano, en diferentes horas días y simultáneamente se monitoreó la humedad volumétrica en el suelo, con una sonda TDR. Los resultados evidenciaron que las mayores diferencias entre los tratamientos en el potencial hídrico foliar y la humedad en el suelo, se presentaron cuando la lectura del estado hídrico de las plantas se efectuó entre las 9:00 y 10:00 am. Por otra parte, en ésta hora del día, se encontró una relación más estrecha entre ambas variables ( $r=0,869$ ), lo cual pudiera indicar que en ese momento, es factible estimar el estado hídrico de las plantas con el empleo de la cámara de presión hidráulica, equipo desarrollado por el Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje.

**Palabras clave:** déficit hídrico, estado hídrico de las plantas, *Sorghum bicolor* L

**ABSTRACT.** The present work evaluated the effect of the day time on measurement of leaf water potential in sorghum and its relationship with the soil volumetric humidity, during the cultivation of sorghum plants (bicolor *Sorghum* L. Moench var. White C-21). The measurement of leaf water potential was carried out for two treatments: irrigation and un-irrigated, for different day time and simultaneously it was monitored soil volumetric humidity. The results evidenced higher differences among between treatments for leaf water potential and soil volumetric humidity, when the measurement of plant water status was made between the 9:00 and 10:00 am. On the other hand, in this day time, it was found more closed relationship between both variables ( $r=0,869$ ). It could indicate, that in this time it is feasible to estimate plant water status using of the hydraulic pressure chamber, which had been developed by the Irrigation and Drainage Research Institute.

**Keywords:** water deficit, leaf water potential, *Sorghum bicolor* L

## INTRODUCCIÓN

En el estudio de las relaciones hídricas de las plantas, uno de los aspectos a tener en cuenta es el potencial hídrico foliar. Esta variable expresa el estado energético del agua en las células y los tejidos vegetales, que a su vez controla el flujo hídrico en el continuo suelo-planta-atmósfera (Sánchez-Díaz y Aguirreolea, 2000; Taiz y Zeiger, 2006).

Diversos autores han señalado que el potencial hídrico foliar representa un indicador para describir el estado hídrico de las plantas (Yatapanage y So, 2001). En este sentido, se ha encontrado que las determinaciones periódicas del potencial de agua, puede ser un método alternativo para el conocimiento de

la necesidad del agua de la planta durante la programación del riego; así como para controlar la magnitud del estrés hídrico ya sea por exceso de agua como por defecto (Ferreira *et al.*, 2006; Girona *et al.*, 2006).

Existen diferentes factores que influyen en la medición del potencial hídrico foliar. Entre estos factores se encuentran: la ubicación de la hoja dentro de la planta respecto al sol, la posición de la hoja en el tallo así como las condiciones climáticas y la hora del día que se utiliza para realizar la medición (Busso, 2008).

De manera general, las lecturas de potencial hídrico de la planta se han realizado utilizando principalmente la cámara de presión de vapor descrita por Scholander *et al.*, (1965).

**Recibido** 20/10/09, aprobado 23/07/10, trabajo 33/10, investigación.

<sup>1</sup> MSc., Ing., Inv., Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD), Apdo postal 6090. Ciudad de La Habana, Cuba, Telefax 6911038, E-✉: [aymara@iird.cu](mailto:aymara@iird.cu).

<sup>2</sup> Ing., Inv., Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD).

Este equipo ha sido el más extendido para una lectura rápida y sencilla y se considera como el mejor método disponible en condiciones de campo (Sánchez-Díaz y Aguirreolea, 2000).

En estudios previos, (García *et al.*, 2009), se ha informado de los primeros resultados del uso de una cámara de presión hidráulica desarrollada en el Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD); y además durante el establecimiento de una metodología para la calibración de este equipo, se ha indicado que el mejor funcionamiento de la cámara se obtuvo con el uso de la membrana elástica de apoyo al tejido foliar de 3 mm de grosor, líquido de circulación 90 y el manómetro de 40 kgf·cm<sup>-2</sup>. No obstante, es necesario continuar realizando estudios que complementen la metodología de trabajo a seguir durante el empleo de la cámara de presión hidráulica. Por lo antes expuesto, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de la hora del día en la medición del potencial hídrico foliar y su relación con la humedad volumétrica en el suelo durante el cultivo de plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench var. Blanco C-21) en condiciones de riego y secano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material Vegetal y condiciones de cultivo

El presente trabajo se desarrolló en la Unidad Básica de Producción Cooperativa Camilo Cienfuegos (UBPC) de la granja urbana del municipio San Miguel del Padrón.

Como material vegetal se utilizó el cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench var. Blanco C-21), empleado para la alimentación animal. La siembra se realizó el 8 de enero del 2008 de forma directa, y se estableció una distancia entre hileras de 0,70 m y entre plantas de 0,10 m. Este cultivo se sembró sobre un suelo transportado, semiconsolidado, perturbado, típico de áreas urbanas. Las propiedades hidrofísicas del suelo se relacionan en la Tabla 1 y fueron determinadas por Montero *et al.*, (2009).

**TABLA 1. Algunas propiedades hidrofísicas del suelo**

Profundidad, cm	Capacidad de Campo, cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup>	Límite productivo al 85% de Cc, cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup>	Densidad Aparente, g.cm <sup>-3</sup>
0-20	0.254	0.215	0.812

### Sistema de riego y tratamientos experimentales

El sistema de riego utilizado fue aspersión semiestacionario con aspersores modelo 5022, con un gasto de 960 L·h<sup>-1</sup> a una presión de 25 m.c.a (metros de columna de agua). La distancia entre laterales y entre aspersores fue de 12 m en ambos casos con una pluviometría media de 6.67 mm·h<sup>-1</sup>. La bomba utilizada posee un caudal de 2,13 L·s<sup>-1</sup> y 40 m.c.a.

La calidad del agua utilizada para el riego, fue analizada por Montero *et al.*, (2009). Los valores de pH y conductividad eléctrica demuestran (Tabla 2), que se encuentra dentro de los rangos permisibles para el uso del agua durante el riego del sorgo (Román *et al.*, 2001).

**TABLA 2. Algunos parámetros de calidad del agua de riego**

Indicadores	En la toma	Después de la toma
Conductividad eléctrica, dS.cm <sup>-1</sup>	0,58	0.50
pH	8,11	7,96

El manejo del riego se efectuó teniendo en cuenta la humedad existente en el suelo, y el límite productivo para el riego fue el correspondiente al 85% del valor del límite máximo de almacenamiento o capacidad de campo (Cc). Se aplicaron dos tratamientos de manejo de agua, 1) Riego con aguas residuales y 2) Sin riego, condiciones de secano. El régimen de riego empleado se muestra en la Tabla 3 (Montero *et al.*, 2009).

**TABLA 3. Régimen de riego utilizado durante el cultivo del sorgo**

Tratamiento	Número de riegos	Dosis neta parcial, m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup>	Dosis neta total, m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup>
Riego	31	57	1 767,0
Secano	4	61	244,2

Los tratamientos se distribuyeron sobre un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas en parcelas con un área de 48 m<sup>2</sup>.

### Evaluaciones efectuadas

En cuanto a la determinación del momento del día para la toma de muestra, se realizaron por 5 días consecutivos lecturas de potencial hídrico foliar ( $\Psi_h$ ) en diferentes horas del día: 9:00 a 10: 00 am, 10:00 a 11: 00 am y 1:00 a 2: 00 pm. Las mediciones se efectuaron en láminas foliares de sorgo cuando las plantas se encontraban durante la fase de floración- maduración del grano. Se utilizó una cámara de presión hidráulica, previamente ajustada (García *et al.*, 2009). En cada evaluación efectuada, se muestrearon cuatro plantas por tratamiento, y se tomaron tres discos por hoja de 8 mm, para un total de 12 muestras. Se tomó como referencia la tercera hoja a partir del ápice. Las lecturas del  $\Psi_h$  obtenidas en kgf·cm<sup>-2</sup> se expresaron en Megapascales (MPa), teniendo en cuenta que 10 kgf·cm<sup>-2</sup> corresponde a 1 MPa.

En el momento de la evaluación del  $\Psi_h$ , se determinó la humedad volumétrica (cm<sup>3</sup>·cm<sup>-3</sup>) en el suelo a una profundidad de 20 cm con una sonda electromagnética del tipo TDR, que fue calibrada para este tipo de suelo (López *et al.*, 2006).

El procesamiento estadístico de los datos se realizó mediante análisis de varianza utilizando el Programa STAT-GRAPHIC Plus sobre Windows versión 5.0 (1994-2000). Las diferencias significativas entre las medias de los diferentes tratamientos se verificaron por la prueba de Tukey HSD al 95%. La relación entre el potencial hídrico foliar y la humedad volumétrica en el suelo se determinó mediante análisis de correlación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se observa que el potencial hídrico foliar ( $\Psi_h$ ), alcanzó valores de -1,07 a -1,51 MPa para el tratamiento de riego y de -1,51 a -1,65 MPa en el de seco, lo cual demostró una reducción mayor del mismo en condiciones de menor disponibilidad de agua en el suelo. En ambos tratamientos, el  $\Psi_h$  se redujo significativamente a medida que se realizaron las lecturas durante el día; aunque en condiciones de seco se encontró un comportamiento similar del  $\Psi_h$  cuando la medición del estado hídrico de la planta se efectuó entre las 9:00 y 11:00 am.

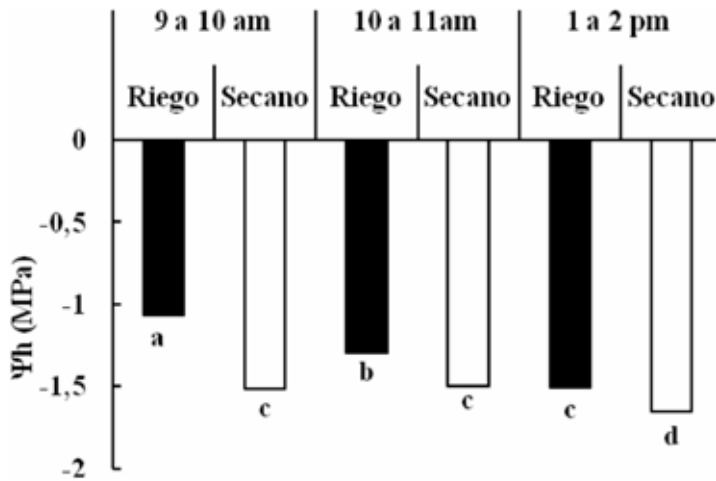


FIGURA 1. Potencial hídrico en hojas de sorgo en condiciones de riego y seco para diferentes horas del día. Medias con letras iguales no difieren según la prueba de comparación múltiple de Tukey HSD (n=12). ESx: Error estándar de la media. ESx= 0,028 \*\*\* (\*\*\*) Significativo P<0,001).

Del mismo modo, la hora del día para realizar el monitoreo de la humedad volumétrica en el suelo influyó en los valores obtenidos para los tratamientos estudiados (Fig. 2). La humedad en el suelo fue menor a medida que avanzó la hora del día, con una reducción significativa mayor para el tratamiento de seco. En el período de estudio, las precipitaciones registradas permitieron mantener la humedad en el suelo para el tratamiento de riego, con valores por encima del 85% de la capacidad de campo (Montero *et al.*, 2009). Sin embargo, en el tratamiento de seco, la humedad volumétrica en el suelo mantuvo valores por debajo del límite productivo (0,183 y 0,206  $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ ).

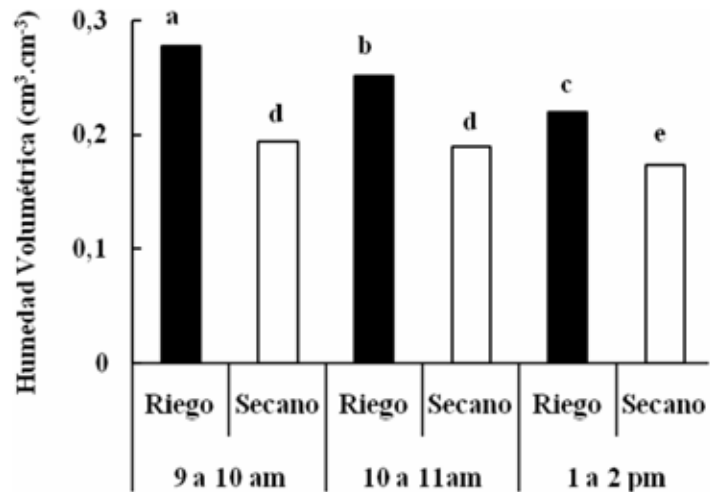


FIGURA 2. Humedad volumétrica en el suelo en condiciones de riego y seco para diferentes horas del día. Medias con letras iguales no difieren según la prueba de comparación múltiple de Tukey HSD (n=12). ESx: Error estándar de la media. ESx=0,003\*\*\* (\*\*\*) Significativo P<0,001).

Las mayores diferencias entre los tratamientos analizados en el  $\Psi_h$  de las hojas y la humedad en el suelo, se presentaron cuando la lectura del estado hídrico se efectuó entre las 9:00 y 10:00 am. El hecho de encontrar una mayor reducción y diferencia menor en el  $\Psi_h$  entre los tratamientos, a medida que avanza la hora del día, pudiera atribuirse a una mayor exposición de las hojas al sol, que probablemente incrementa la deshidratación o pérdida de agua lo cual que se refleja en el estado hídrico de la planta. Ferreyra *et al.*, (2006), demostraron que las condiciones climáticas y la hora del día influyen en la magnitud del  $\Psi_h$  que se mida, y que además de la disponibilidad de agua en el suelo, afectan la cantidad de radiación solar, temperatura del aire y la humedad relativa.

Por otra parte, Yang *et al.*, (2001) al evaluar plantas de arroz sometidas a déficit hídrico en la fase de llenado de los granos, encontraron que las mayores diferencias en el  $\Psi_h$  foliar entre los tratamientos control y déficit hídrico, se obtienen cuando la variable se evalúa después de las 10 hasta las 14 h, donde ocurrió reducción mayor del  $\Psi_h$  foliar en las plantas con déficit. Teniendo en cuenta estos resultados, Yang y Zhang (2006), en investigaciones posteriores demostraron que a las 11:30 h fue el momento del día apropiado para realizar la lectura del  $\Psi_h$  foliar. Del mismo modo, Ortuño *et al.*, (2009) informaron que a las 12:00 h existieron variaciones del  $\Psi_h$  del tallo ante diferentes regímenes de riego.

Según Ruíz-Sánchez y Girona (1995), los valores de  $\Psi_h$  en horas tempranas de la mañana resultaron más adecuados para determinar el estado hídrico de las plantas, ya que en ese momento existe equilibrio hídrico entre ésta y el contenido de agua del suelo. En este sentido, los autores antes mencionado han demostrado que las variaciones en el monitoreo del  $\Psi_h$  a mediodía tiene mayor dependencia de las condiciones ambientales. No obstante, diversos autores recomiendan realizar la lectura en estas horas durante la programación del riego en la uva (Ferreyra *et al.*, 2006; Girona *et al.*, 2006).

Las diferencias en los valores de  $\Psi_h$  foliar en el sorgo evidenció que una menor cantidad de agua en el suelo influyó significativamente sobre el estado hídrico de las plantas. En este estudio para el sorgo como cultivo estudiado, las diferencias obtenidas en los valores de  $\Psi_h$  foliar entre los tratamientos estudiados se correspondieron con las variaciones en la humedad volumétrica en el sustrato (Figura 3).

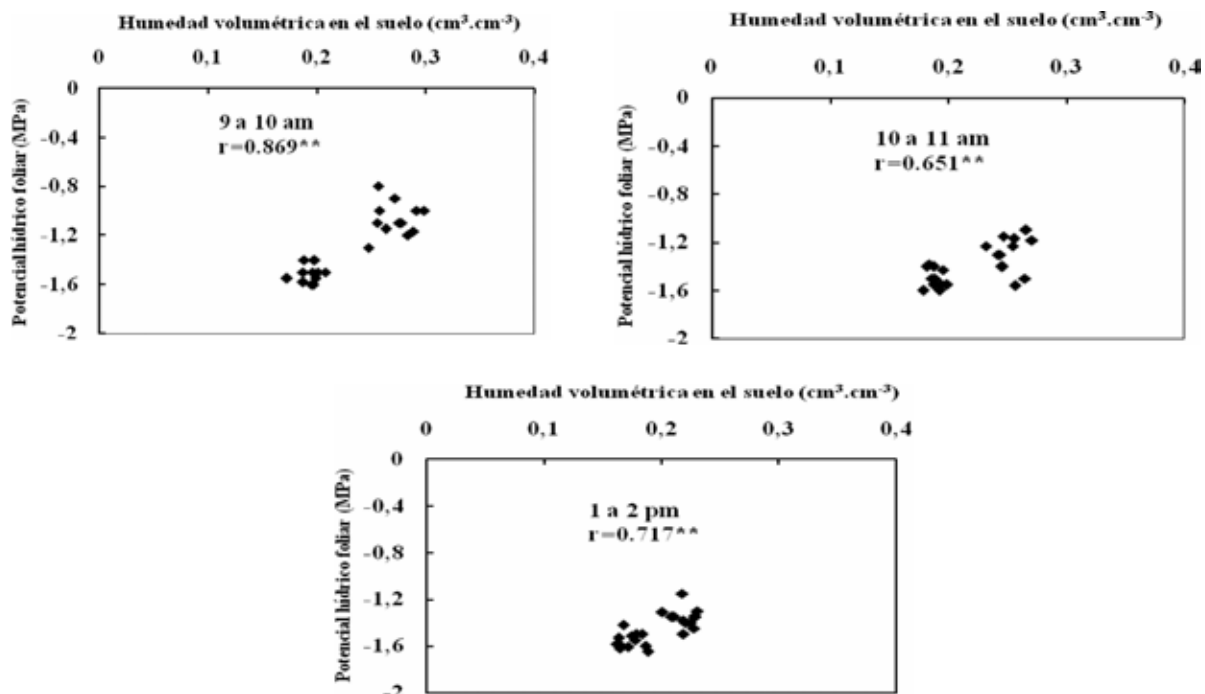


FIGURA 3. Relación entre el potencial hídrico foliar y la humedad volumétrica en el suelo a diferentes horas del día durante el cultivo de plantas de sorgo en condiciones de riego y secano (n=24).

Por otro lado, se detectó una relación significativa entre el potencial hídrico foliar y la humedad volumétrica del sustrato, variables evaluadas a diferentes horas del día. No obstante, un coeficiente de correlación mayor se obtuvo al realizar las mediciones en el horario de 9:00 a 10:00 am ( $r=0,869$ ). Este resultado pudiera indicar la posibilidad de emplear la determinación del estado hídrico de las plantas a través del  $\Psi_h$  foliar como otra alternativa para la programación del riego. En plantas de melocotón expuestas a ciclos de déficit hídrico, Natali *et al.*, (1985), encontraron una estrecha relación entre el contenido de agua en el suelo y el  $\Psi_h$  foliar con un coeficiente de correlación  $r=0,94$ ; lo cual demostró que el  $\Psi_h$  foliar fue un indicador útil del contenido de agua disponible en el suelo.

## CONCLUSIONES

- La hora del día para realizar las determinaciones de  $\Psi_h$  foliar y la humedad volumétrica en el suelo, influyeron en los valores de estas variables en diferentes condiciones de disponibilidad de agua para las plantas. El monitoreo de ambas variables desde las 9:00 y hasta las 10:00 am, permitió obtener una relación más estrecha entre el  $\Psi_h$  foliar y la humedad volumétrica en el suelo. Este resultado evidencia que es posible utilizar el  $\Psi_h$  foliar como otra alternativa para la programación del riego en cultivos agrícolas. Sería recomendable valorar el comportamiento de esta variable en horas más tempranas del día, antes del amanecer o al alba, y comparar los resultados con los obtenidos en este trabajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUSSO, C.A.: "Uso de la cámara de presión y los psicrómetros a termocupla en la determinación de las relaciones hídricas en tejidos vegetales", *Revista Internacional de Botánica Experimental*, 77: 327-350, 2008.
- FERREYRA, R.; G. SELLES; H. SILVA; R. AHUMADA; I. MUÑOZ; V. MUÑOZ: "Efecto del agua aplicada en las relaciones hídricas y productividad de la vid 'Crimson Seedless'", *Pesq. Agropec. Bras., Brasilia*, 41(7): 1109-1118, 2006.
- GARCÍA, A.; R. CUN; C. L. CHONG; C. DUARTE; L. MONTERO: "Calibración de una cámara de presión hidráulica desarrollada en Cuba", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 18(3): 24-29, 2009.
- GIRONA, J.; M. MATA; J. DEL CAMPO; A. ARBONÉS; E. BARTRA; J. MARSAL: "The use of midday leaf water potential for scheduling deficit irrigation in vineyards", *Irrigation Science* 24: 115-127, 2006.
- INSTITUTO DE SUELOS: *Nueva Versión de Clasificación Genética de los suelos de Cuba*, 64pp., Ministerio de la Agricultura, Editorial AGRINFOR, La Habana, 1999.
- LÓPEZ, T.; F. GONZÁLEZ; G. CID: Particularidades de la utilización de sondas electromagnéticas para la determinación de la humedad de los suelos y la cuantificación de balances hídrico, En: **Memorias Evento AGRING**, La Habana, Cuba, 2006.
- MONTERO, L.; R. CUN; J. PÉREZ; M. RICARDO; J. HERRERA: Riego con aguas residuales a los cultivos de sorgo y maíz como alternativa para la producción de alimento animal, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(4): 44-48, 2009.
- NATALI, S.; C. XILOYANNIS; B. PESAROSA: "Relationship between soil water content, leaf water potential and fruit growth during different fruit growing phases of peach tree", *Acta Horticulture*, 171: 167-180, 1985.

ORTUÑO, M.F.; Y. GARCÍA-ORELLANA; W. CONEJERO; F. PÉREZ-SARMIENTO; A. TORRECILLAS: "Assessment of maximum daily trunk shrinkage signal intensity threshold values for deficit irrigation in lemos trees", *Agricultural water management*, 96: 80-86, 2009.

ROMAN, C.S.; M. AGUILERA; H. STAY: *CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE ELEMENTOS TOLERADOS EN EL AGUA DE RIEGO*, 145pp., Manual Básico de Fertirriego (2da Ed.) SOQUIMICH COMERCIAL, Chile, 2001.

RUIZ-SÁNCHEZ, M.C.; J. GIRONA: *Investigaciones sobre riego deficitario controlado en melocotonero*, pp. 67-95, En: Riego deficitario controlado, Fundamentos y aplicaciones, Eds Mundi-Prensa, España, 1995.

SÁNCHEZ-DÍAZ, M.; J. AGUIRRELEA: "El agua en la planta", pp. 17-30, En: Fundamentos de Fisiología Vegetal, España, Editorial Mundi- Prensa, España, 2001.

SCHOLANDER, P.F.; H.T. HAMMEL; E.A. HEMMINGSEN; E.D. BRADSTREET: "Sap pressure in vascular plants", *Science*, 148: 339-346, 1965.

TAIZ, L.; E. ZEIGER: *Water and Plant Cell*, pp. 54-67, En: Plant Physiology. Fourth Edition. Sinauer Associates. Inc. Publishers, Massachusetts, USA, 2006.

YANG, J.; J. ZHANG; Z. WANG; Q. ZHU: "Activities of starch hydrolytic enzymes and sucrose-phosphate synthase in the stems of rice subjected to water stress during grain filling", *Journal of Experimental of Botany*, 52(364): 2169-2179, 2001.

YANG, J.; J. ZHANG: "Grain filling of cereals under soil drying", *New Phytologist*, 169:223-236, 2006.

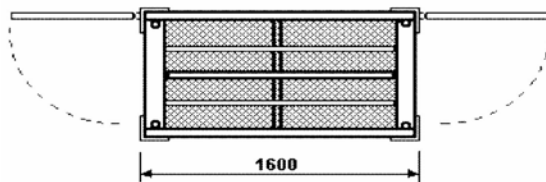
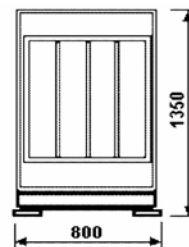
YATAPANAGE, K. G.; H. B. SO: "The relationship between leaf water potential and stem diameter in sorghum", *Agronomy Journal*, 93: 1341-1343, 2001.



## MAQUINARIA AGRICOLA & INSTRUMENTOS DE MEDICION

# BALANZAS PARA CERDOS Y OVINOS

**CEMA TED - 500**



Display digital

**Capacidad hasta 500 kg.**  
**Precisión de 0,2 kg.**  
**Presentación de la lectura: Digital (5 dígitos LCD).**  
**Dimensiones de la plataforma: 1600 x 800 mm.**  
**Altura de la jaula: 1350 mm.**  
**Superficie de la plataforma: Metálica con alfombra de goma.**

**Solicitudes de ofertas a:**  
 Dr. Pedro A. Valdés Hernández  
 Centro de Mecanización Agropecuaria  
 Autopista Nacional y Carretera de Tapaste. km 23, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. Apdo. 18-19  
 Tel.: (53)(47) 864346  
 E\_mail: pvaldes@isch.edu.cu