

RIEGO Y DRENAJE

ARTÍCULO ORIGINAL

Efecto del estrés hídrico sobre plántulas de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) ‘MD-2’ *in vitro*

Effect of water stress on pineapple (Ananas comosus (L.) Merr.) ‘MD-2’ plantlets in vitro

René Carlos Rodríguez¹, Romelio Rodríguez¹, Justo L. González¹, Pedro Guerrero-Posada^{II}, Camilo Bonet-Pérez^{II}

¹ Universidad de Ciego de Ávila (UNICA), Centro de Bioplasmas, Ciego de Ávila, Cuba.

^{II} Instituto de Investigaciones en Ingeniería Agrícola (IAgric), Filial de Camagüey, Cuba.

RESUMEN. Con el objetivo de valorar el comportamiento de plántulas de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) cv. ‘MD-2’ obtenidas mediante reproducción *in vitro*, se realizó un estudio sobre la respuesta a condiciones de estrés hídrico provocado durante la etapa final de aclimatización en comparación con plántulas no sometidas a estas condiciones; la valoración se realizó a partir del comportamiento de indicadores morfológicos y fisiológicos del cultivo. Los resultados indicaron que al término de 30 días de haber sido sometidas a condiciones de estrés hídrico las plántulas manifestaron cambios significativos en relación a aquellas mantenidas en condiciones normales de humedad en el sustrato, una vez restablecidas las condiciones de humedad a partir de los 30 días, se observó una tendencia al restablecimiento de los parámetros que indicaron una recuperación del cultivo; lo cual permitió predecir la posibilidad de lograr, mediante un manejo adecuado, plantas mejor preparadas para enfrentar periodos de estrés hídrico en las condiciones de la plantación en el campo.

Palabras clave: riego, fisiología, necesidades hídricas, sequía.

ABSTRACT. With the aim to evaluate the behavior of pineapple plantlets (*Ananas comosus* (L.) Merr.) cv. ‘MD-2’ obtained by *in vitro* reproduction, was carried out this study about the response to conditions of water stress in the plantlets at the end of the acclimatization stage. The experiment was carried out to check the morpho-physiological response of plantlets. After 30 days of subjecting the plantlets to water stress significant changes was observed compared to those under normal conditions of wet, however after rewetting was observed a recovery of plants previously stressed, mainly by a tendency to reestablishment of the parameters measured, which allowed to predict the possibility of achieve the morpho-physiological response of plantlets by an appropriate handling of irrigation and a better preparation of plantlets to tolerate short-terms drought after plantation to field conditions.

Keywords: irrigation, physiology, water requirements, drought.

INTRODUCCIÓN

Las necesidades hídricas del cultivo de la piña están muy relacionadas con su fisiología; lo cual ha sido comprobado en investigaciones realizadas en Hawái con el cultivar Cayena Lisa (Bartholomew *et al.*, 2003) y en las condiciones de Cuba con el cultivar Española Roja (Bonet *et al.*, 2015).

En Cuba, se ha introducido desde hace varios años el cultivar ‘MD-2’ cuya productividad es significativamente mayor que la del cultivar Española Roja, y también posee mayores necesidades hídricas. Aunque en Cuba se han realizado experimentos acerca del déficit hídrico en algunos cultivares de piña (Bonet, 2016), este cultivar no ha sido estudiado.

La multiplicación *in vitro* constituye una vía factible de repro-

ducción acelerada de plantas de piña, sin embargo, las plántulas obtenidas mediante esta vía adquieren un estado fisiológico desventajoso para la transición a condiciones de campo y como consecuencia se obtienen bajas tasas de crecimiento e insuficientes porcentajes de supervivencia. Debido a esta desventaja del cultivo *in vitro* de la piña es necesario preparar las plántulas cultivadas en micro-ambientes artificiales para que sean capaces de crecer bajo condiciones naturales, esta etapa del proceso de multiplicación *in vitro* se denomina “aclimatización” y constituye un punto crítico para evitar la pérdida de las plantas y consigo lograr la factibilidad económica.

La dinámica del uso del agua por el cultivo de la piña no es la característica de la mayoría de los cultivos de importancia

económica, estudios realizados sobre esta temática indican una estrecha relación entre las necesidades hídricas del cultivo y sus características morfológicas y fisiológicas.

En estudios realizados en Cuba con el cultivar Española Roja se obtuvieron valores de evapotranspiración (ETc) de 1,9 mm d⁻¹ en la fase de aclimatación de plantas de piña (Bonet *et al.*, 2010), pero en el caso del cultivar MD-2 aún no se posee información al respecto. En Brasil y Costa Rica se han obtenido valores de hasta 2,5 mm d⁻¹ cuando plantas de piña ‘MD-2’ se sometieron a valores menos intensos de radiación solar, temperatura y velocidad del viento que los que tienen lugar en condiciones de campo, a partir de lo cual se estimó una ETc de 2 mm d⁻¹ (Almeida, 2001).

El manejo de las condiciones climáticas y la agrotecnia del cultivo durante la etapa de aclimatación pudieran condicionar la preparación de la planta para enfrentar con éxito la fase de plantación, por lo cual resulta de interés conocer el comportamiento de las plántulas de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) ‘MD-2’ durante la fase de vivero ante situaciones de estrés hídrico, con vistas a organizar de manera eficiente la programación del riego en este cultivo.

MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el área de aclimatación del Centro de Bioplantas, de la Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Cuba que se encuentra en las coordenadas 41°53’N, 78°41’W.

Diseño experimental. Se seleccionaron 400 plántulas de 5 meses en aclimatación, las cuales se separaron en dos grupos experimentales de 200 unidades, el primer grupo fue mantenido en condiciones de estrés hídrico inducido durante 30 días y posteriormente se restablecieron las condiciones de humedad, en tanto el segundo grupo se mantuvo todo el tiempo en condiciones normales de humedad. La distribución de las plantas se realizó en bloques al azar con separación entre vasos de 3,0 cm de distancia aproximadamente, de manera que las plantas entrelazaran las hojas y de este modo evitar la pérdida del agua suministrada. Las evaluaciones se realizaron al inicio de la fase experimental y a los 15, 30 y 45 días de iniciado el experimento.

El riego se realizó mediante aplicación diaria de 24 L de agua de manera homogénea entre las plántulas, lo que equivale a un volumen de 120 mLd⁻¹ de agua por cada planta.



FIGURA 1. Distribución de plántulas para la evaluación del estrés hídrico.

El riego se realizó con regadera con una programación según se muestra en la Tabla 1 en correspondencia con los tratamientos definidos.

TABLA 1. Condiciones y tratamientos de riego durante el periodo experimental

Condiciones experimentales	Intervalos de tiempo (d)		
	0 - 15	15 - 30	30 - 45
Con estrés hídrico	SR	SR	CR
Sin estrés hídrico	CR	CR	CR

SR. Sin riego; CR. Con riego

Determinación de indicadores morfológicos. Se tomaron 30 plantas como referencia en cada tratamiento y momento de evaluación, y se evaluaron las siguientes variables morfológicas: altura de la planta, tomada desde el inicio de las raíces hasta el extremo superior de las hojas, número de hojas totalmente expandidas y funcionales, despreciando las hojas en senescencia, longitud de la hoja ‘D’, desde la parte superior del tallo hasta el extremo superior de dicha hoja. La hoja D se definió como la hoja de mayor actividad

metabólica y se seleccionó como la hoja más larga de la planta de acuerdo al criterio establecido por Bartholomew *et al.* (2003). Todas las mediciones de longitud se realizaron con una regla graduada.

Determinación del contenido de agua, masa fresca y seca de las hojas. Para las determinaciones de masa fresca se tomaron tres hojas ‘D’ de cada tratamiento a los 0, 15, 30 y 45 días del experimento. Las hojas se envolvieron en un papel de aluminio pesado e identificado previamente y se pesaron con la envoltura. La masa fresca se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$MF=MT-MP$$

donde:

MF-masa fresca (g);

MT-masa total de las secciones de hojas y el papel (g);

MP-masa del papel (g).

Para las determinaciones de la masa seca (MS) las muestras identificadas se mantuvieron en una estufa a 70°C durante 24 horas y después de este tiempo se pesaron nuevamente, la masa seca se calculó por la diferencia entre la masa total (MT) y la masa total seca (MTS)

$$MS=MT-MTS$$

donde:

MTS-masa total seca (g) (masa de las secciones de hojas secas y del papel).

El contenido de agua de las hojas se calculó por:

$$CA=MF-MS$$

donde:

CA-contenido de agua de las hojas (g).

Cuantificación del intercambio gaseoso en las hojas. Se tomaron cuatro hojas y 30 mediciones por cada hoja para cada momento y tratamiento. La cuantificación se realizó en la región central de la hoja “D”. El intercambio gaseoso en las hojas se cuantificó con un analizador de gas infrarrojo (“IRGA”) como parte de un sistema portátil de fotosíntesis (CIRAS-2, Portable Photosynthesis System) acoplado a una cubeta (PLC6 (U), con área de análisis de 1,7 cm². Se determinó la cantidad de CO₂ que captaron las plantas entre las 0:00 y las 9:00 h a intervalos de tres horas entre mediciones (Asimilación de CO₂) de igual manera se cuantificó simultáneamente la cantidad de agua perdida durante las mismas horas (Transpiración). El equipo se calibró automáticamente antes de cada medición a las condiciones de temperatura y humedad relativa ambientales. La intensidad de la luz de la cubeta se ajustó mediante lámparas con tecnología “LED” a un Flujo de Fotones Fotosintéticos de 600 μmol m⁻²s⁻¹. Los resultados de asimilación de CO₂ (A) se expresaron como μmol CO₂ m⁻²s⁻¹ y la transpiración (T) como mmol H₂O m⁻²s⁻¹.

Cálculo del uso eficiente del agua. Se calculó El uso eficiente del agua (UEA, μmol CO₂ mmolH₂O)⁻¹:

$$UEA =A/T$$

donde:

UEA-uso eficiente del agua;

A-asimilación (μmol (CO₂) m⁻²s⁻¹);

T-transpiración (mmol (H₂O) m⁻²s⁻¹).

Análisis estadístico. Para el tratamiento estadístico se utilizó el utilitario SPSS, versión 11.5 para Windows (Pérez,

2005). Se usaron pruebas paramétricas (t-Student, ANOVA, Tukey p≤0,05) después de chequear el ajuste de los datos a la distribución normal (Kolmogorov-Smirnov, p≥0,05) y la homogeneidad de varianzas (Levene, p≥0,05). En algunos casos fue necesaria la transformación de los datos para lograr los supuestos de las pruebas paramétricas que se utilizaron. Para las pruebas no paramétricas se utilizó “Kruskal-Wallis”, “Multiple Comparison’s test” para p≤0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del déficit hídrico en indicadores morfológicos

El déficit hídrico afectó el crecimiento de la hoja “D” en los primeros 30 días de estudio en las plántulas sin riego (SR) (Figura 2A) a partir de este momento continuó el crecimiento una vez que este grupo comenzó a regarse nuevamente. No se observaron diferencias entre grupos a los 15 días de evaluación, pero a partir de este momento el crecimiento de la hoja “D” de las plántulas CR fue superior a las SR.

Existieron diferencias significativas en el ancho de la hoja “D” a los 15 y 30 días entre grupos (figura 2B), superior en las plántulas SR. A partir de los 30 días SR comenzó a regarse de la misma manera que las plántulas CR (120 mL/planta) por lo que disminuyó la tasa de crecimiento referida al ancho de la hoja “D” a los 45 días, también se observó un aumento en el ancho de la hoja “D” de forma continua en las plántulas CR. El déficit hídrico afectó la emisión de hojas durante los primeros 30 días en las plántulas SR (figura 2C), no siendo así para las CR, ya que se observaron diferencias significativas en todos los momentos de evaluación para este último grupo. Para plántulas SR a los 45 días se observó un incremento significativo en el número de hojas lo que indicó una recuperación de las plántulas a partir del inicio del riego.

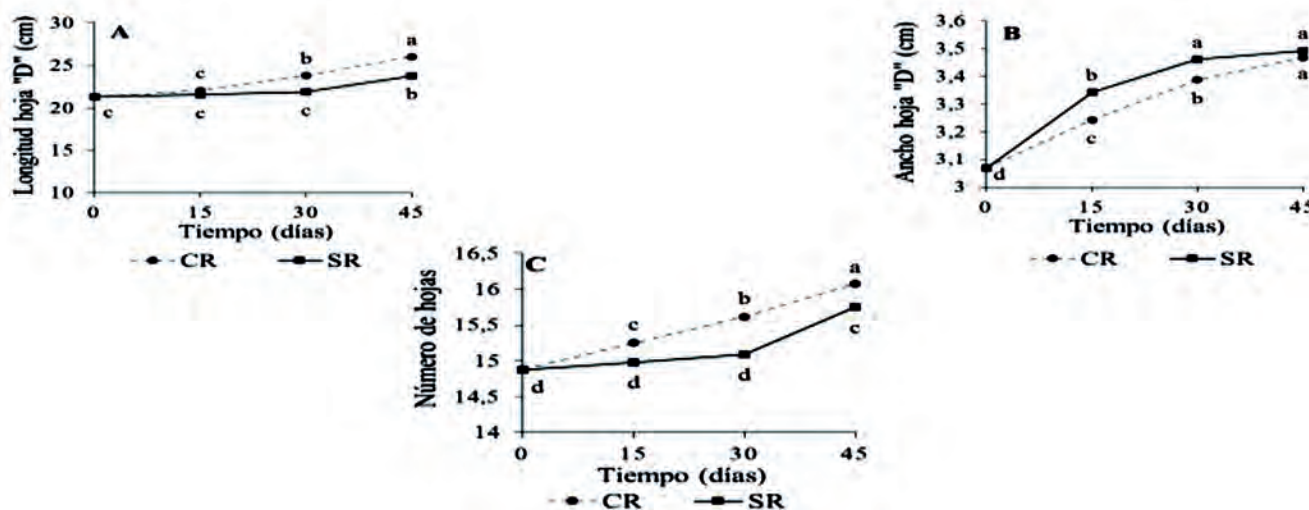


FIGURA 2. Efecto del déficit hídrico en la longitud de la hoja “D” (A), ancho de la hoja “D” (B), y el número de hojas (C), en plántulas de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) ‘MD-2’, creciendo bajo dos condiciones de riego: plántulas con riego (CR) y plántulas sin riego (SR) durante 30 días. A partir de 30 días SR se regó de igual forma a CR. Fuente: Rodríguez *et al.* (2016a).

Estudios realizados en plantaciones de piña han reflejado resultados similares. Bartholomew *et al.* (2003) indicaron que los síntomas de la sequía se desarrollan lentamente; inicialmente se reducen el crecimiento y marchitamiento de las hojas viejas, con una sequía severa y prolongada el color de las hojas cambia de verde oscuro a verde claro, luego amarillo y finalmente rojo; en etapas posteriores las hojas pierden su turgencia, se tornan flácidas y se detiene el crecimiento. Los efectos de la sequía son reversibles y cuando el agua está nuevamente disponible las hojas se rehidratan y reinician el crecimiento normal, los síntomas de estrés hídrico pueden aparecer más rápidamente en suelos con baja capacidad de almacenamiento de agua si la profundidad radical es restringida (Bonet *et al.* 2010).

Efecto del déficit hídrico en la masa fresca, masa seca y contenido de agua en discos de la hoja "D"

La Figura 3 muestra el comportamiento de la masa fresca (Figura 3A), seca (Figura 3B) y contenido de agua (Figura 3C).

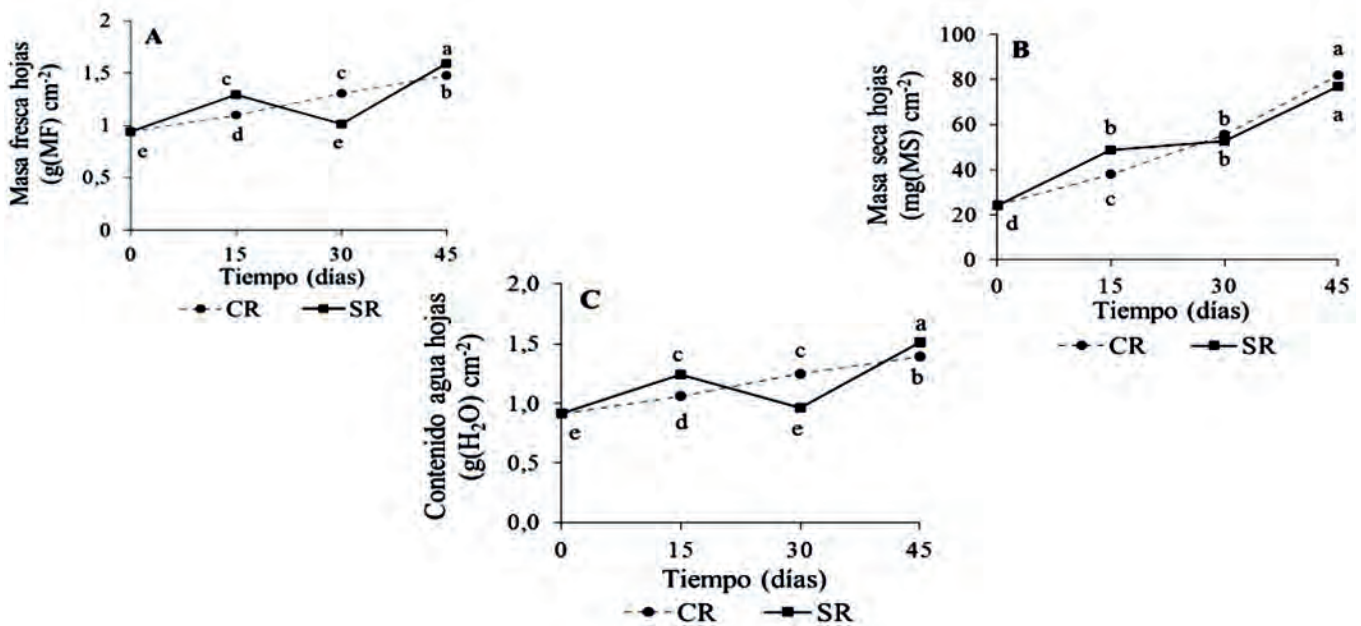


FIGURA 3. Efecto del déficit hídrico en la masa fresca (A), masa seca (B) y contenido de agua (C) en discos de hojas "D" en plántulas de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) 'MD-2' de 5 meses de edad, creciendo bajo dos condiciones de riego: plántulas con riego (CR) y plántulas sin riego (SR) durante 30 días. A partir de 30 días SR se regó de igual forma a CR. Fuente: Rodríguez et al. (2016a).

El contenido de agua de las hojas aumentó en cada momento de evaluación en las plántulas CR y a los 15 y 45 días en las plantas SR, en las cuales decayó a los 30 días de evaluación, este grupo estuvo sometido a un déficit hídrico severo (30 días SR) por lo que la desecación del sustrato pudo interferir en el contenido de agua de las hojas.

A los 15 días de experimento las plantas SR presentaron mayores valores tanto de la masa fresca como la seca además del contenido de agua, esto pudo estar relacionado con un acondicionamiento osmótico superior inducido por el déficit hídrico, de esta forma el metabolismo de las plantas que se mantuvieron sin riego debió estar inclinado hacia la síntesis de tejidos de reserva de agua, producción de osmoreguladores

en discos de hojas "D" (Figura 3C). Se observó la tendencia de estos indicadores en función del tiempo y su respuesta ante el déficit hídrico, el cual afectó estos indicadores en las plántulas SR a los 30 días de iniciado el experimento. Durante 30 días un grupo de plántulas se mantuvo sin riego y a partir de 30 días comenzaron a regarse con 120 mL de agua por día lo cual explica el aumento de estos indicadores a los 45 días.

Se observó un aumento en la masa seca en las plántulas CR en todos los momentos y en las SR a los 15 y 45 días, este aumento en la masa seca está restringido a un área de muestra por lo que los valores obtenidos pueden interpretarse como un aumento en tejidos vasculares de reserva de agua, aunque además pueden ser el resultado de la biosíntesis de componentes estructurales, de reserva metabólica o de protección como el caso de ceras ya que se conoce que *Ananas comosus* posee una capa cerosa de protección contra la desecación (Bartholomew *et al.*, 2003).

como el caso de prolina y ácidos orgánicos y síntesis de compuestos de alto peso molecular como ceras para la protección contra la desecación.

Lo anterior es una respuesta característica del metabolismo de la piña bajo condiciones de estrés hídrico, las cuales favorecen rutas metabólicas defensivas a expensas del crecimiento vegetativo, esto indicó que 15 días de déficit hídrico favoreció la respuesta fisiológica de las plantas para la protección contra la desecación pero que 30 días afectó significativamente la respuesta morfo-fisiológica de las plantas.

En la Figura 4 se muestra un ejemplo del comportamiento de la dinámica de humedad durante las 24 horas del día en las hojas a los 30 días de iniciado el experimento.

Se observó que el contenido de humedad en las hojas resultó significativamente inferior en el tratamiento sometido a condiciones de estrés hídrico (SR), resaltando que las diferencias entre ambos tratamientos se hacen más significativas en el periodo entre las 3 am y las 9 am como resultado de una mayor transpiración por el patrón característico de apertura estomática en este cultivo, esto representó que durante ese periodo el cultivo debió utilizar las reservas de agua de sus tejidos de manera que, a pesar de no manifestar síntomas de sequía, se pudo comprobar que las reservas de humedad de las plántulas de piña MD-2 en dicha etapa de desarrollo se agotan en un período inferior a 30 días.

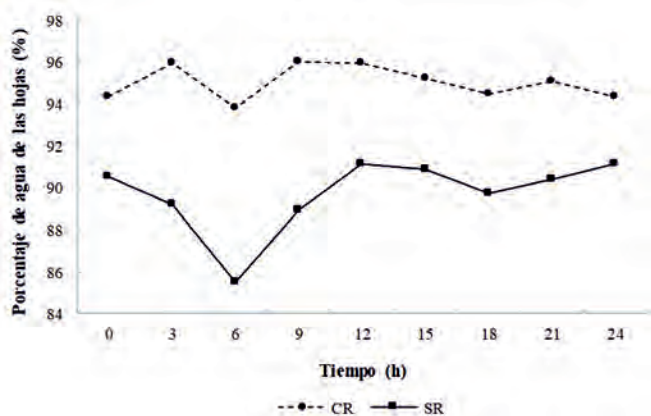


FIGURA 4. Comportamiento de la humedad en las hojas en tratamientos CR y SR a los 30 días de iniciado el estrés hídrico en plántulas de piña, cultivar MD-2. Fuente: Rodríguez et al. (2016a).

Efecto del déficit hídrico en el intercambio gaseoso

Asimilación de CO₂ El déficit hídrico afectó la asimilación de CO₂ en las plántulas sin riego (SR). Se observaron diferencias significativas entre grupos a los 15 y 30 días, sin embargo, a los 45 días (riego en ambos grupos) hubo una recuperación de las plántulas SR respecto a los 30 días, donde la asimilación entre las 0h y 9h fue muy baja comparada con las plantas CR, estas últimas mantuvieron un incremento continuo en la asimilación de CO₂ para estas horas durante los 45 días de estudio.

Se observó un aumento significativo en la asimilación de CO₂ de las plántulas SR a los 15 días, este aumento es un indicio del incremento del grado de expresión del metabolismo ácido de las crasuláceas característico de este cultivo.

A los 30 días disminuyó considerablemente la asimilación de las plántulas SR, esto apoya los resultados obtenidos en la masa fresca, seca y contenido de agua en discos de hojas, donde se observó una disminución en la masa fresca y el contenido de agua por el déficit hídrico, además en este momento no se observaron diferencias significativas en la masa seca respecto a los 15 días lo que implica que a partir de este momento en este grupo comenzó a disminuir la asimilación de CO₂. Es importante señalar que las plántulas SR no captaron CO₂ durante toda la noche, solo a las 3h y 6h, esto indicó que el CO₂ asimilado durante estas horas representó el 100% de la asimilación durante todo el día; resultado coincidente con reportes de Zhu *et al.* (1997). A los 45 días se observó un aumento en la asimilación de CO₂ para este grupo, lo cual demostró una recuperación de dichas plántulas teniendo en cuenta que en ese mismo momento también hubo un aumento en la masa seca, masa fresca, contenido de agua y número de hojas.

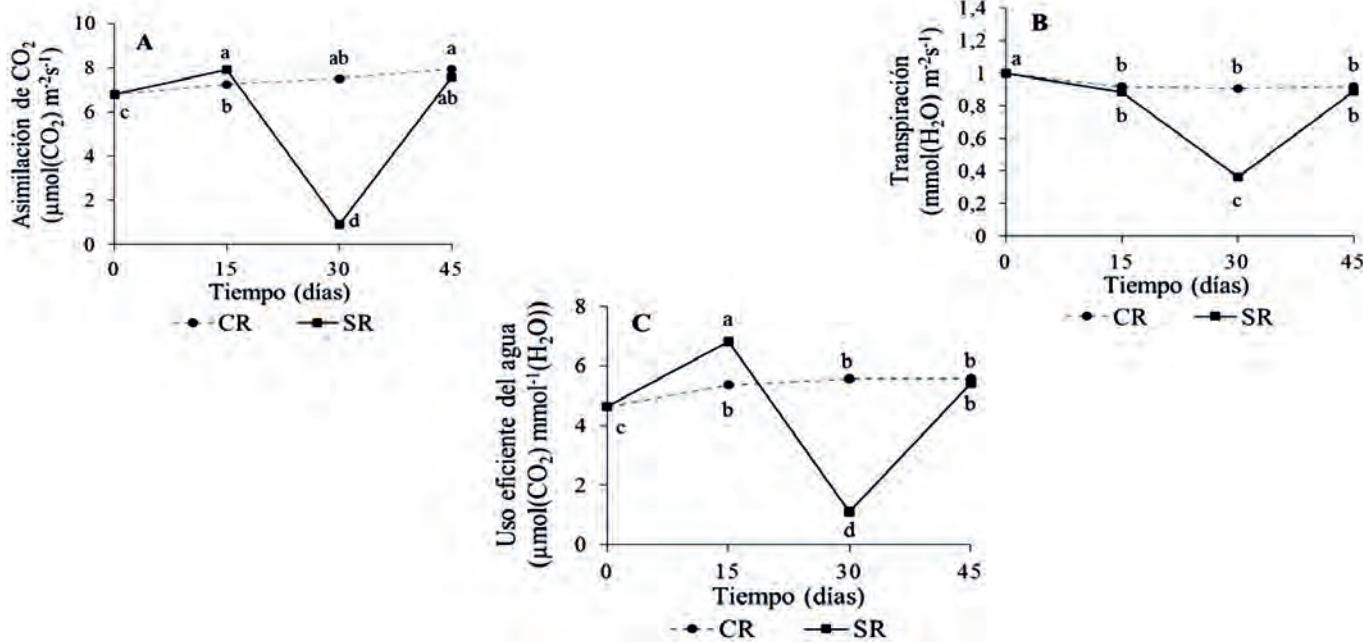


FIGURA 5. Efecto del déficit hídrico en la asimilación de CO₂ (A), transpiración (B) y uso eficiente del agua (C) en plántulas de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) 'MD-2' de 6 meses de edad, creciendo bajo dos condiciones de riego: plántulas con riego (CR) y plántulas sin riego (SR) durante 30 días. A partir de 30 días SR se regó de igual forma a CR. Fuente: Rodríguez et al. (2016a).

Transpiración y uso eficiente del agua. En el caso de la transpiración las plántulas CR mantuvieron valores similares a partir de los 30 días, sin embargo, en los primeros 15 días mostraron valores superiores. En las plántulas SR se observó una dis-

minución de la transpiración en la dirección del déficit hídrico y luego un aumento considerable después del restablecimiento del riego (45 días).

Las plántulas SR mostraron disminución de la transpiración a los 30 días, en este momento también disminuyó la asimilación de CO₂, la masa fresca y el contenido de agua de las hojas, por lo que se puede decir que en este momento el déficit hídrico provocó desecación en las hojas.

El Uso Eficiente del Agua (UEA) mantuvo una tendencia similar a la asimilación de CO₂ para las plántulas SR mientras que en las plántulas CR aumentó a los 15 días y luego permaneció constante. El comportamiento del UEA para el ciclo completo aumentó en las plántulas CR a los 30 días de evaluación, sin embargo, los valores para las plántulas SR para este momento disminuyeron significativamente producto de estrés hídrico severo; los mayores valores de UEA para las plántulas SR se observan a los 15 días de evaluación. El bajo índice de pérdida de agua de la superficie de la hoja de piña contrasta grandemente con los valores de otros cultivos agrícolas de importancia económica (Ekern, 1965), lo cual implica que indirectamente se alcancen altos valores de UEA según reportes de Bartholomew *et al.* (2003) así como de San José *et al.* (2007a, b).

Las características morfológicas y fisiológicas del cultivo de la piña condicionan un bajo índice de transpiración, lo que ha sido confirmado según estudios realizados en distintas condiciones climáticas; al respecto Bartholomew *et al.* (2003) han señalado que el índice de transpiración de la piña varió desde 0,05 a 0,23 mmol m⁻² s⁻¹ mientras que los valores de girasol y tabaco fueron por lo menos 10 veces mayores; la transpiración de la piña en condiciones controladas y con iluminación fue sólo el 4% de la del girasol y el 6% de la del trigo en condiciones ambientales similares; por su parte, Ekern (1965) a partir de estudios en Hawai refiere que en el caso de la piña el índice de transpiración es menor que en la mayoría de los cultivos, según este autor, mediodía no hubo valor medible de pérdida de vapor de agua de un campo de piña con un índice de área foliar de siete, e indicó que la pérdida de agua por unidad de materia seca ganada (kg kg⁻¹) para la piña fue alrededor de 50 a 116 mientras el rango para otros cultivos oscila entre 250 y 950. Según Bartholomew *et al.* (2003) la conductancia estomática de la piña es típicamente más baja durante el día y más alta durante la noche, y está referida a un patrón invertido de apertura estomática.

La evapotranspiración (ETc) de la piña está influenciada por el nivel de humedad del suelo. Las características morfológicas y anatómicas generalmente se reflejan en una baja ETc del cultivo y extrema tolerancia a la sequía (Ekern, 1965). En Cuba reportes de Rodríguez *et al.* (2009 a, b) señalaron a la piña como uno de los cultivos que economiza una gran cantidad de agua, con una demanda hídrica que oscila entre 1,3 y 3,0 mm d⁻¹. Según los estudios realizados por Bonet *et al.* (2015) con el cultivar Española Roja se obtuvieron valores de ETc de 2,58 mm d⁻¹ con pico en la demanda hídrica durante los periodos de floración y formación del fruto. Por otra parte, Ekern (1965) manifestó

el mismo criterio, y expresó que los días en que las axilas de las hojas de piña se llenan con agua de lluvia, se produce un aumento en el uso consuntivo diario; reportó que el consumo de agua decreció cuando la tensión de humedad del suelo se acercó a 15 kPa.

La eficiencia con que es utilizada el agua por los cultivos es variable y puede expresarse a través del coeficiente de productividad del agua que es característico de cada cultivo, variedad e incluso de las condiciones ambientales predominantes (Bonet *et al.*, 2014). Estos autores proponen determinar el factor de efecto sobre el rendimiento (Kr) como indicador del rendimiento en condiciones de estrés hídrico; una vez establecido el coeficiente Kr para un determinado cultivo y condiciones edafoclimáticas puede ser utilizado para predecir el rendimiento ante determinadas condiciones de estrés hídrico, reportándose valores de Kr clasificados de bajos (< 0,85) para la piña.

Durante los primeros 15 días del experimento las plántulas SR superaron en todos los indicadores con relación a las plántulas CR, pero se observó un efecto marcado del estrés hídrico sobre las plántulas a los 30 días de iniciado el experimento, estos resultados son coincidentes con los obtenidos en investigaciones efectuadas en condiciones de plantación en el campo (Rodríguez *et al.*, 2016 a,b); al respecto Almeida (2001) señaló que a pesar de la alta resistencia de la piña a la sequía, los efectos sobre la morfología y el crecimiento de la planta son importantes. Una vez que las plántulas comenzaron a regarse después de 30 días de déficit hídrico mostraron una rápida recuperación en lo referente a la tasa de crecimiento.

El cultivo de la piña posee características que posibilitan la aplicación de criterios de riego deficitario controlado, como son la resistencia a la sequía y condiciones anatómicas y fisiológicas que propician una baja evapotranspiración y un sistema radical superficial (Bonet *et al.*, 2010); los resultados de este experimento permitieron predecir que mediante un adecuado manejo del riego durante la etapa de aclimatización se puede lograr una mejor preparación de las plantas para enfrentar situaciones de estrés hídrico cuando sean trasladadas a condiciones de campo.

CONCLUSIONES

- Las plántulas de piña sometidas a estrés hídrico manifestaron un retraso en el desarrollo vegetativo (longitud y ancho de hojas, así como el ritmo de emisión de hojas), a partir del restablecimiento de las condiciones de humedad las plántulas mostraron una recuperación del estrés.
- El contenido de agua, masa fresca y masa seca de las hojas resultó ser mayor a los 15 días en las plántulas sometidas a condiciones de estrés hídrico en relación con las plántulas mantenidas en condiciones sin estrés, este comportamiento se invirtió a los 30 días, mientras que a partir del restablecimiento de las condiciones normales en las plántulas mantenidas sin riego inicialmente ambos tratamientos se igualan.
- La asimilación de CO₂, transpiración y uso eficiente del agua se vieron afectados en las plántulas SR a partir de los 15 días de haber sido sometidas a condiciones de estrés hídrico; posteriormente el comportamiento se hace similar a los 45

días una vez restablecido el régimen de humedad a partir de los 30 días en el tratamiento sometido a condiciones de estrés hídrico.

- Los resultados indicaron la posibilidad de incrementar la

eficiencia de uso del agua en el cultivo durante la fase de vivero mediante un adecuado manejo del agua, logrando una mejor preparación del cultivo para enfrentar situaciones de estrés hídrico en la fase de plantación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, O. A.D.: "Irrigação na cultura do abacaxi: aspectos técnicos e econômicos. Irrigation of pineapple crops. Technical and economic aspects", *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 8(41): 32-39, 2001. ISSN: 0104-9070.
- BARTHOLOMEW, D.P.; PAULL, R.E. and ROHRBACH, K.G.: The pineapple: botany, production and uses. Ed. CABI. Publishing, Wallingford, USA, 2003. DOI: dx.doi.org/10.1079/9780851995038.0000.
- BONET, P.C.; ACEA, L.I.; BROWN, M.O.; HERNÁNDEZ, V.M. y DUARTE, D.C.: "Coeficiente de cultivo para la programación del riego en el cultivo de la piña", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(3): 23-27, 2010. ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- BONET, P.C.; ACEA, L.I.; BROWN, M. O.; GUERRERO, P. P.; GONZÁLEZ, R. F. y HERNÁNDEZ, C. G.: "Efecto del agua sobre el rendimiento del cultivo de la piña", *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(4): 8-13, 2014. ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- BONET, P. C.; GUERRERO, P. P.; RODRÍGUEZ, C. D.; HERNÁNDEZ, LL. J. y RODRÍGUEZ, R. P.: "Régimen de riego del cultivo de la piña en la provincia Ciego de Ávila", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(4): 16-24, 2015. ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- BONET, P. C.: *El riego de la piña. Resumen de investigaciones realizadas en Cuba*, Editorial Académica Española, España, 2016. ISBN 978-3-8417-5155-3.
- EKERN, P.C.: "Evapotranspiration of Pineapple in Hawaii", *Plant Physiology*, 40(4): 736 – 739, 1965. ISSN: 0032-0889.
- PÉREZ, C.: *Técnicas estadísticas con SPSS 12. Aplicaciones al análisis de datos*, Pearson Educación S. A., España, 2005. ISBN: 9788420544106.
- RODRÍGUEZ, D.A.; JARDINES, S.D.; FARRÉS, A.E.; PLACERES, G.J.; PEÑA, G.O. y FORNARIS, R.: "Las fincas integrales de frutales en Cuba", *CitriFrut.*, 29(1): 2009a. ISSN: 1607-5072.
- RODRÍGUEZ D.A.; FARRÉS, A.E.; PLACERES, G.J.; PEÑA, G.O.; FORNARIS, R.L. y MULÉN, P.L. (2009b). Manejo del cultivo de la piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) cv. Española Roja, en Cuba. *CitriFrut.*, 29(2): 2009b. ISSN: 1607-5072.
- RODRÍGUEZ, E. R.; RODRÍGUEZ, C.I.; LORENTE, G.Y.; IZQUIERDO, R.E.; PÉREZ, B. L.; BONET, P.C.; GARZA, G.Y.; ARAGÓN, C.E.; PODESTÁ, F. E.; RODRÍGUEZ, R.; y GONZÁLEZ, O.J.: "Efecto del déficit hídrico sobre cambios morfo-fisiológicos y bioquímicos en plantas micropropagadas de piña 'MD-2' en la etapa final de aclimatización" *Revista Cultivos Tropicales*, 37(Special issue). 2016a. ISSN: 1819-4087.
- RODRÍGUEZ, E. R.; LORENTE, G.Y.; RODRÍGUEZ, C.I.; LOPEZ, D.; IZQUIERDO, R.E.; PÉREZ, B. L.; GUERRERO, P. P.; ARAGÓN, C.E.; BONET, P.C.; GARZA, G.Y.; RODRÍGUEZ, R.; PODESTÁ, F. E. and GONZÁLEZ, O.J.: *Hardening of 'MD-2' Micropropagated Pineapple Plants by Drought to Improve the Acclimatization-field Transition*. Newsletter of the Pineapple Working Group, International Society for Horticultural Science: No. 23. 2016b (ISSN 0567-7572 print and ISSN 2406-6168 electronic).
- SAN JOSÉ, J.; NIKONOVA, N. & MONTES, R.: "Diurnal patterns of carbón dioxide, water vapour, and energy fluxes in pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr. cv. Red Spanish)" field using Eddy covariance (electronic resource). *Photosynthetica* 45: 370–384, 2007a. ISSN: 0300-3604.
- SAN JOSÉ, J.; NIKONOVA, N.; and MONTES, R.: "Seasonal patterns of carbón dioxide, water vapour and energy fluxes in pineapple", *Agricultural and Forest Meteorology*, 147: 16–34, 2007b. ISSN: 0168-1923, E-ISSN: 1873-2240.
- ZHU, J.C.; BARTHOLOMEW, D.P. & GOLDSTEIN, G.: "Effect of elevated Carbon dioxide on the growth and physiological responses of pineapple. A species with Crassulacean Acid Metabolism" *Journal American of Social Horticultures Sciences* 122: 233-237, 1997. ISSN: 00031062.

Recibido: 25/06/2017.

Aprobado: 28/02/2018.

René Carlos Rodríguez, Inv. Universidad de Ciego de Ávila (UNICA), Centro de Bioplantas, Ciego de Ávila, Cuba.

Correo electrónico: camilo@reduc.edu.cu

Romelio Rodríguez, Correo electrónico: camilo@reduc.edu.cu

Justo L. González, Correo electrónico: camilo@reduc.edu.cu

Pedro Guerrero, Correo electrónico: camilo@reduc.edu.cu

Camilo Bonet, Correo electrónico: camilo@reduc.edu.cu

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.