

EFECTOS DE PERÍODOS CORTOS DE ESTRÉS E INOCULACIÓN MICORRÍZICA EN EL COMPORTAMIENTO DE LA ALBAHACA BLANCA (*O. basilicum* L.)

E. Jerez[✉], L. Barroso y O. Cartaya

ABSTRACT. This work was carried out with the objective of evaluating the optimal time to suspend water supply before the cut, and the effect on the production of essential oils as well as the contribution of mycorrhizal nutrition on water status and some growth variables, in white basil (*Ocimum basilicum* L.) plants developed in six-liter-pots containing a substrate made up by soil and organic matter (filter cake) at a ratio of 3:1 v/v. The mycorrhizal strain used was *Glomus clarum*, applied in the sowing time at a rate of 10 g/pot. Treatments consisted of suspending water supply for five and seven days before the cut, and a well irrigated control, divided in two groups: with or without mycorrhizal fungus. The experiment was carried out twice. Plant height and dry weight were determined, as growth variables, and to know water status, at the beginning and the end of the treatments, relative water content, leaf water potential, osmotic potential and the potential of pressure, as well as stomatal conductance were evaluated; in the cutting time, the content of essential oils was determined in non-mycorrhized plants. Evaluations were carried out between 10 and 11 am on five well developed leaves (third or fourth pair, numbered from the apex to the base) with five repetitions in each variable. In all treatments, the percentage of mycorrhizal colonization and endophyte mass were determined. Results demonstrated that despite plant growth variables were highly affected when exhibition time to stress condition was longer, the content of essential oils was favored, which proves that it is possible to suspend water supply before the cut. Water relationships were less modified in mycorrhizal plants, since plants under that condition had in general a better water status, regarding the different variables evaluated, which is demonstrated because these plants had a bigger colonization and endophyte mass.

Key words: drought stress, growth, plant water relations, arbuscular mycorrhiza, essential oils, *Ocimum basilicum*

Dr.C. E. Jerez, Investigador Auxiliar y Ms.C. O. Cartaya, Investigador del Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana; Dr.C. L. Barroso, Profesor Instructor del Centro Universitario de Guantánamo (CUG), km ½, carretera Santiago de Cuba, Guantánamo, Cuba.

✉ ejerez@inca.edu.cu

RESUMEN. El trabajo se realizó con el objetivo de valorar el tiempo óptimo de suspensión del suministro de agua antes del corte y su efecto en la producción de aceites esenciales, así como la contribución que realiza la inoculación micorrízica sobre el estado hídrico y algunas variables del crecimiento, en plantas de albahaca blanca (*Ocimum basilicum* L.) desarrolladas en recipientes de seis litros de capacidad, con un sustrato formado por suelo y materia orgánica del tipo cachaza en una relación 3:1 v/v. La cepa de micorriza empleada fue *Glomus clarum*, aplicada en la siembra a razón de 10 g/maceta. Los tratamientos consistieron en suspender el suministro de agua por cinco y siete días antes del corte y un control que se mantuvo bien abastecido, divididos en dos grupos: micorrizados y no micorrizados. El experimento se realizó en dos repeticiones. Se determinaron la altura y la masa seca de las plantas como variables del crecimiento y para conocer el estado hídrico se evaluaron, al inicio de la suspensión del riego y en el corte, el contenido relativo de agua (CRA), potencial hídrico foliar, potencial osmótico y potencial de presión, así como la conductancia estomática. En el momento del corte se determinó el contenido de aceites esenciales en las plantas no micorrizadas. Las evaluaciones se realizaron entre las 10 y 11 de la mañana, sobre cinco hojas bien desarrolladas (tercer o cuarto par, numeradas del ápice a la base) con cinco repeticiones en cada variable. En todos los tratamientos se determinaron el porcentaje de colonización micorrízica y la masa del endófito. Los resultados demostraron que aunque las plantas tuvieron más afectación en las variables del crecimiento, cuando se incrementó el tiempo de exposición a la condición de estrés, el contenido de aceites esenciales se vio favorecido, todo lo cual demuestra que es adecuado suspender el suministro de agua antes del corte. Las relaciones hídricas se modificaron en menor magnitud en las plantas micorrizadas, ya que en esa condición las plantas tuvieron un mejor estado hídrico en general, visto en las diferentes variables evaluadas, lo cual quedó demostrado por encontrarse en ellas una mayor colonización y masa del endófito.

Palabras clave: estrés de sequía, crecimiento, relaciones planta agua, micorrizas arbusculares, aceites esenciales, *Ocimum basilicum*

INTRODUCCIÓN

Dadas las propiedades medicinales, aromáticas, ornamentales y melíferas, entre otras, el cultivo de la albahaca blanca (*Ocimum basilicum* L.) ha adquirido cierto interés en el mundo y en Cuba. Su esencia se utiliza

en la industria de la perfumería y cosméticos, así como aromatizante de vinagre, vegetales en conserva y mostaza (1).

El principal producto que se obtiene del cultivo de la albahaca constituye justamente sus aceites esenciales, los que, de forma general, incrementan su concentración cuando las plantas son sometidas a estrés hídrico (2, 3).

El estrés hídrico es uno de los factores abióticos más estudiados, quizás porque son más sus efectos negativos en el crecimiento y desarrollo de las plantas que los positivos (4, 5, 6); sin embargo, es de esperar que la imposición de esa condición en las etapas finales del ciclo de crecimiento y desarrollo no produzcan en el vegetal daños de consideración, como ha sido demostrado (7).

De acuerdo con la literatura relacionada con la temática de las micorrizas, queda claro que estas contribuyen de forma positiva a mejorar el estado hídrico de las plantas, debido a que alteran la velocidad del movimiento del agua dentro, a través y fuera de la planta hospedera, con un consecuente efecto en la hidratación de los tejidos y la fisiología foliar (8). No obstante, hay varias áreas dentro de las relaciones hídricas, por las cuales no es posible generalizar acerca del efecto de las micorrizas, todo lo cual brinda la posibilidad de continuar investigando sobre esta temática.

Teniendo en cuenta estas premisas se realizó el presente trabajo, con el objetivo de valorar el tiempo óptimo de suspensión del suministro de agua antes del corte y su efecto en el contenido de aceites esenciales, así como evaluar la contribución que realiza la fertilización micorrízica al estado hídrico en general de las plantas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en recipientes de seis litros de capacidad, con un sustrato formado por suelo Ferralítico Rojo compactado (9) y materia orgánica del tipo cachaza en una relación 3:1 (v/v), los que se sembraron con semillas de albahaca blanca (*Ocimum basilicum* L.) en enero de 1999, para un primer experimento y agosto del 2000 para el segundo. En el momento de la siembra se aplicaron 10 g/maceta de micorriza de la cepa *Glomus clarum*.

Los tratamientos consistieron en:

1. Estrés por suspensión del suministro de agua por cinco días antes del corte más micorrizas (E1M1).
2. Estrés por suspensión del suministro de agua por cinco días antes del corte sin micorrizas (E1M0).
3. Estrés por suspensión del suministro de agua por siete días antes del corte más micorrizas (E2M1).
4. Estrés por suspensión del suministro de agua por siete días antes del corte sin micorrizas (E2M0).
5. Plantas sin estrés con micorrizas (E0M1).
6. Plantas sin estrés y sin micorrizas (E0M0).

Hasta el momento antes de suspender el suministro hídrico, las plantas se mantuvieron bien abastecidas de agua, al igual que en los tratamientos en que no se aplicó estrés.

Se determinó en el momento del corte el porcentaje de colonización, para lo que se tomaron muestras de raicillas de los distintos tratamientos y se aplicó la metodología descrita por Phillips y Hayman (10) para su clasificación y teñido. La cuantificación se realizó por el método descrito por Giovannetti y Mosse (11), mientras que para la masa de endófito arbuscular, se aplicó la metodología descrita por Herrera (12), la cual se basa en la cuantificación de los segmentos infectados y se tienen en cuenta los niveles de infección (densidad u ocupación visual), que al referirse al peso inicial de las raicillas, permite conocer la masa del simbionte. Los valores se expresan como mg de endófito arbuscular.g⁻¹ de suelo.

Se evaluó la altura de las plantas (cm), medida a partir de la base del tallo hasta la yema apical así como la masa seca de hojas y tallos (g), en el momento de iniciarse los tratamientos de estrés (base) y en el corte, para lo cual se emplearon seis plantas por tratamiento.

El contenido relativo de agua (%) y el potencial hídrico foliar (MPa) se determinaron según la técnica descrita por Turner (13). El potencial osmótico actual se midió con un osmómetro de presión de vapor (Wescor 5520). El potencial de presión se calculó como la diferencia entre el potencial hídrico y el osmótico, y la conductancia estomática se determinó empleando un porómetro de difusión (Modelo Delta- T Device AP3). En todos los casos se utilizaron hojas del tercio superior de las plantas bien expuestas al sol, hasta obtener cinco muestras por tratamiento, en cada una de las variables y las determinaciones se realizaron en el momento de iniciados los tratamientos de estrés y en el corte.

Para la evaluación del contenido de aceites esenciales, realizada en los tratamientos estresados y no micorrizados en el momento del corte, se utilizó la parte foliar, las hojas que se secaron en estufa a 30-35 °C por tres días y posteriormente se homogenizaron. El aceite esencial se obtuvo por hidrodestilación en una proporción material vegetal/agua 2:1 (m/v) por un período de cinco horas en un equipo tipo Clevenger.

El diseño estadístico empleado fue un bloque completamente aleatorizado con 20 repeticiones por tratamiento. Se calcularon la media y el error típico, y los tratamientos se compararon según la prueba de T-Student.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El grado de infección micorrízica se evaluó a través del porcentaje de infección (Figura 1), donde se puede observar que en ambos experimentos se manifestó una respuesta positiva, con mayor porcentaje de infección cuando las plantas se mantuvieron más días en condiciones de deficiencia hídrica, lo que representó entre un 30-40 % mayor, con respecto a las plantas no micorrizadas. Se destaca que las plantas en condiciones normales de abastecimiento hídrico y micorrizadas, también manifestaron un porcentaje de infección elevado, mientras que las dos condiciones de estrés impuestas favorecieron la

asociación con las micorrizas nativas en los tratamientos sin micorrizar, a diferencia del tratamiento en que las plantas se encontraron durante todo el experimento bien abastecidas de agua.

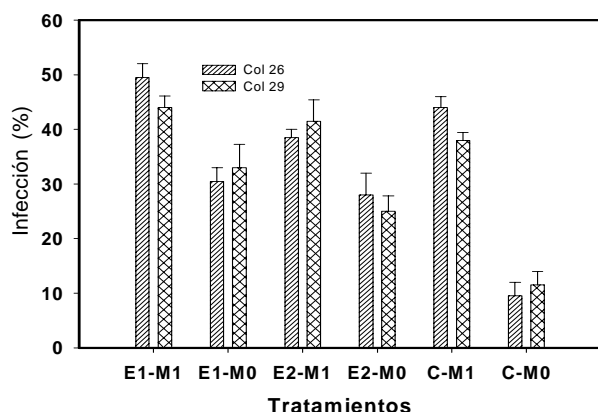


Figura 1. Porcentaje de infección micorrízica (E1-Estrés 5 días, E2-Estrés 7 días, M1-Con micorrizas, M0-Sin micorrizas, C-Control). Error estándar de las medias

De acuerdo con estos resultados, se puede señalar que si bien la especie en estudio presenta una colonización eficiente, esta depende de factores propios de la planta, del suelo y de las condiciones ambientales (14).

Al analizar la masa del endófito (Figura 2), se encontró una respuesta acorde a la manifestada por el porcentaje de infección. En todos los casos, los tratamientos micorrizados informaron mayor masa del endófito, por lo que la eficiencia simbiótica fue mayor en esos tratamientos (15).

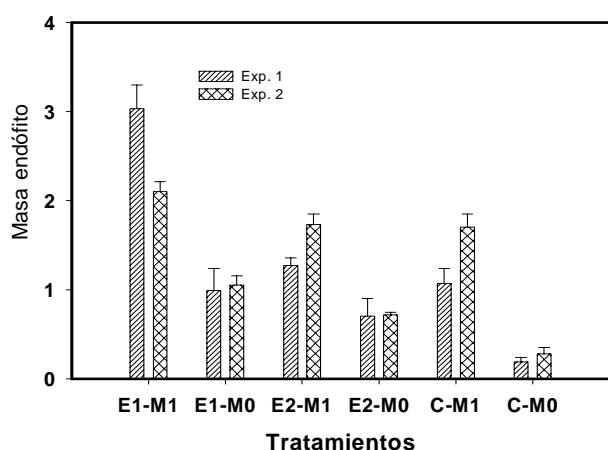


Figura 2. Masa del endófito (E1-Estrés 5 días, E2-Estrés 7 días, M1-Con micorrizas, M0-Sin micorrizas, C-Control) Error estándar de las medias

El comportamiento del crecimiento en altura de las plantas se presenta en la Figura 3A y B, para los dos experimentos. Tanto a los cinco (E1) como a los siete días (E2), las plantas que recibieron fertilización micorrízica resultaron de una mayor altura que las no micorrizadas, efecto que no se denota en las plantas que

estuvieron bien abastecidas de agua al mostrar valores similares. De forma general, las plantas estresadas fueron más pequeñas que las del control, excepto en el experimento dos, para las plantas que se les suspendió el suministro hídrico por siete días y se les aplicó micorriza. Las plantas del experimento uno resultaron ser más pequeñas en todos los tratamientos que las del experimento dos, lo cual parece ser una característica propia de esta especie, que depende en gran medida de las condiciones ambientales, de acuerdo con la fecha de siembra, aspecto que coincide con resultados anteriores (6, 16).

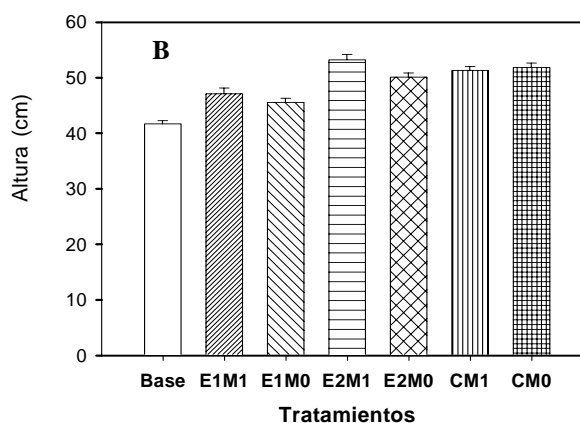
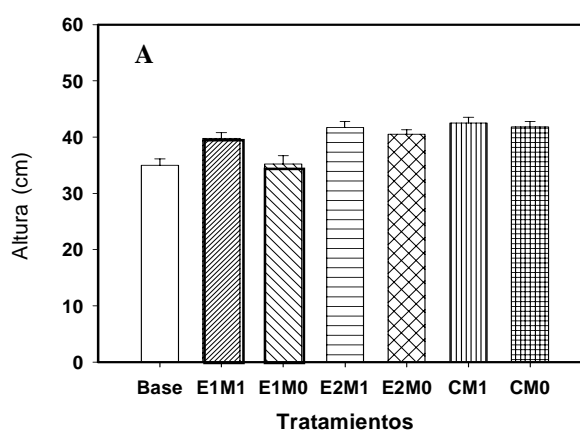


Figura 3. Altura de las plantas al inicio y final del período de estrés, A-experimento 1, B-experimento 2 (E1-Estrés 5 días, E2-Estrés 7 días, M1-Con micorrizas, M0-Sin micorrizas, C-Control). Error estándar de las medias

La producción de biomasa seca tanto en hojas como en tallos (Figura 4A, B, C y D) resultó menos consistente en los resultados, aun cuando la tendencia en ambos órganos aéreos es la de ser mayor en las plantas micorrizadas, pero no sometidas a estrés, lo cual se hizo más evidente en el experimento uno. Cuando las plantas se sometieron a estrés por cinco días (E1) y se micorrizaron, si bien los resultados mostraron la tendencia descrita anteriormente, no ocurrió así cuando esa condición se prolongó siete días, e incluso resultó igual o menor en ambos tratamientos. Estos resultados sugieren la necesidad de realizar estudios encaminados a co-

nocer la movilidad de los fotoasimilatos, teniendo en cuenta también la masa seca de las raíces (no evaluada aquí), dado que la relación masa seca de raíz parte aérea depende de múltiples factores, tanto del ambiente como internos de la planta, entre los que el estado hídrico del vegetal juega un elemento fundamental, aspecto que será analizado más adelante. La distribución de asimilatos resulta severamente afectada en condiciones de estrés (17), a lo que es necesario agregar que los cambios ambientales provocan variaciones extensivas y rápidas en esa variable (18).

En cuanto al efecto de las micorrizas en esta variable, se ha informado que las variables del crecimiento evaluadas presentaron valores superiores al control sin inocular (19), siendo la variable superficie foliar la que mejor reflejó ese efecto; se observó también un incremento en la masa seca del tallo de las plantas micorrizadas. Por su parte, en el cultivar del *Pinus halepensis* se presentaron ligeros incrementos a favor de las plantas micorrizadas en las variables altura de las plantas y masa seca total (20).

El contenido relativo de agua se presenta en la Figura 5, en la que se observa que en el momento de iniciar los tratamientos las plantas tenían valores altos, por encima del 90 %, lo que les asegura que estaban bien abas-

tecidas de agua; a partir de ese instante, las plantas que no fueron sometidas a estrés mantuvieron un adecuado estado hídrico, que se vio ligeramente favorecido por la presencia de micorrizas en el sustrato, efecto que se hizo más evidente cuando fueron sometidas a estrés antes del corte.

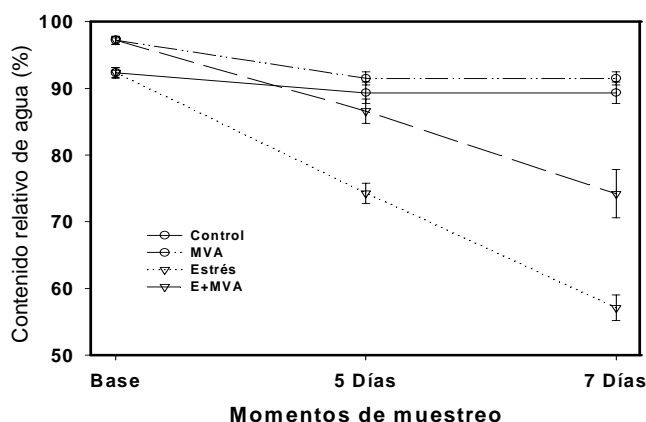


Figura 5. Contenido relativo de agua en plantas sometidas a estrés hídrico micorrizadas y no micorrizadas. Error estándar de las medias

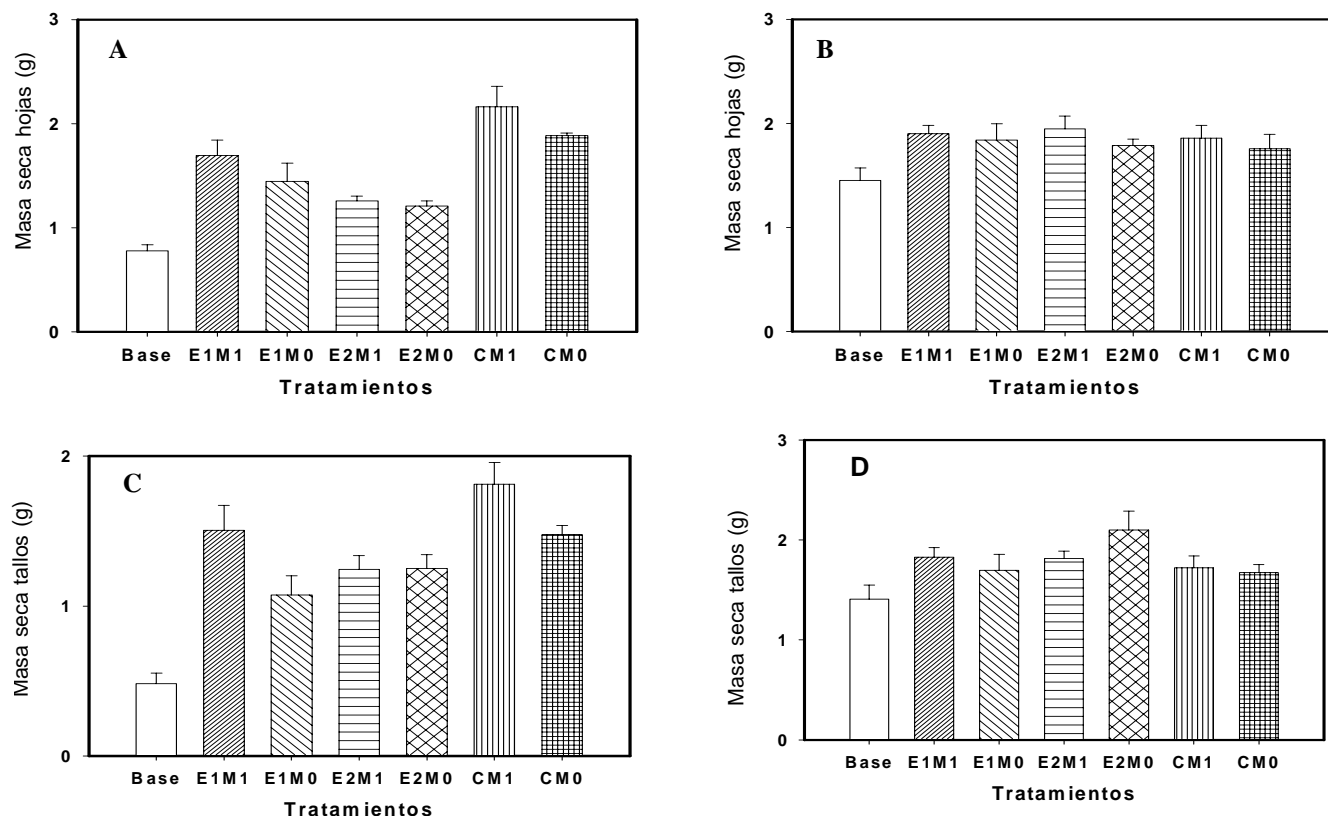


Figura 4. Comportamiento de las variables del crecimiento en biomasa seca, A y B, de hojas, experimentos 1 y 2, respectivamente y de tallos (C y D) experimentos 1 y 2, respectivamente al inicio y final del período de estrés (E1-Estrés 5 días, E2-Estrés 7 días, M1-Con micorrizas, M0-Sin micorrizas, C-Control). Error estándar de las medias

El contenido relativo de agua ha sido menos comparado en plantas micorrizadas y no micorrizadas que el potencial hídrico foliar (7), pero es de esperar que si este último no cambia producto de la simbiosis, tampoco lo hará el primero, lo cual está de acuerdo con otras observaciones realizadas (21). Se ha comprobado que las hifas de las micorrizas incrementaron la conductividad hidráulica de las raíces (22), al disminuir la resistencia al flujo de agua apoplástica, lo cual aseguró una adecuada hidratación de los tejidos en plantas micorrizadas.

Tanto el potencial hídrico foliar (Figura 6A) como el potencial osmótico foliar (Figura 6B) y el potencial de presión (Figura 6C) resultaron de una respuesta similar al comparar el comportamiento de esas variables en plantas micorrizadas y no micorrizadas. En todos los casos hubo un efecto positivo cuando las plantas micorrizadas se sometieron a estrés hídrico, mientras que no se detectaron cambios importantes entre el potencial hídrico y el potencial osmótico entre esas plantas y las no micorrizadas, pero mantenidas bien abastecidas de agua (23, 24, 25).

De acuerdo con los resultados, la simbiosis provocó que la velocidad de disminución del potencial hídrico y del potencial de presión fuera mayor en las plantas no micorrizadas (26).

La conductancia estomática (Figura 6D) se comportó de forma similar en plantas micorrizadas y no micorrizadas sometidas a estrés, siendo ligeramente superior en las primeras. Los resultados en este sentido aún no son esclarecedores, pues si bien es cierto que la conductancia estomática y el potencial hídrico foliar están unidos funcionalmente, cambios en uno usualmente dirigen los cambios en el otro (7, 27), por lo que si en plantas micorrizadas y no micorrizadas hay diferencias en el comportamiento de la conductancia estomática o de la transpiración, al mismo potencial hídrico foliar, entonces la relación entre ambos ha sido modificada, por lo que la simbiosis entonces debe haber provocado cambios en la fisiología foliar o en las propiedades hidráulicas incluso bioquímicas de las plantas.

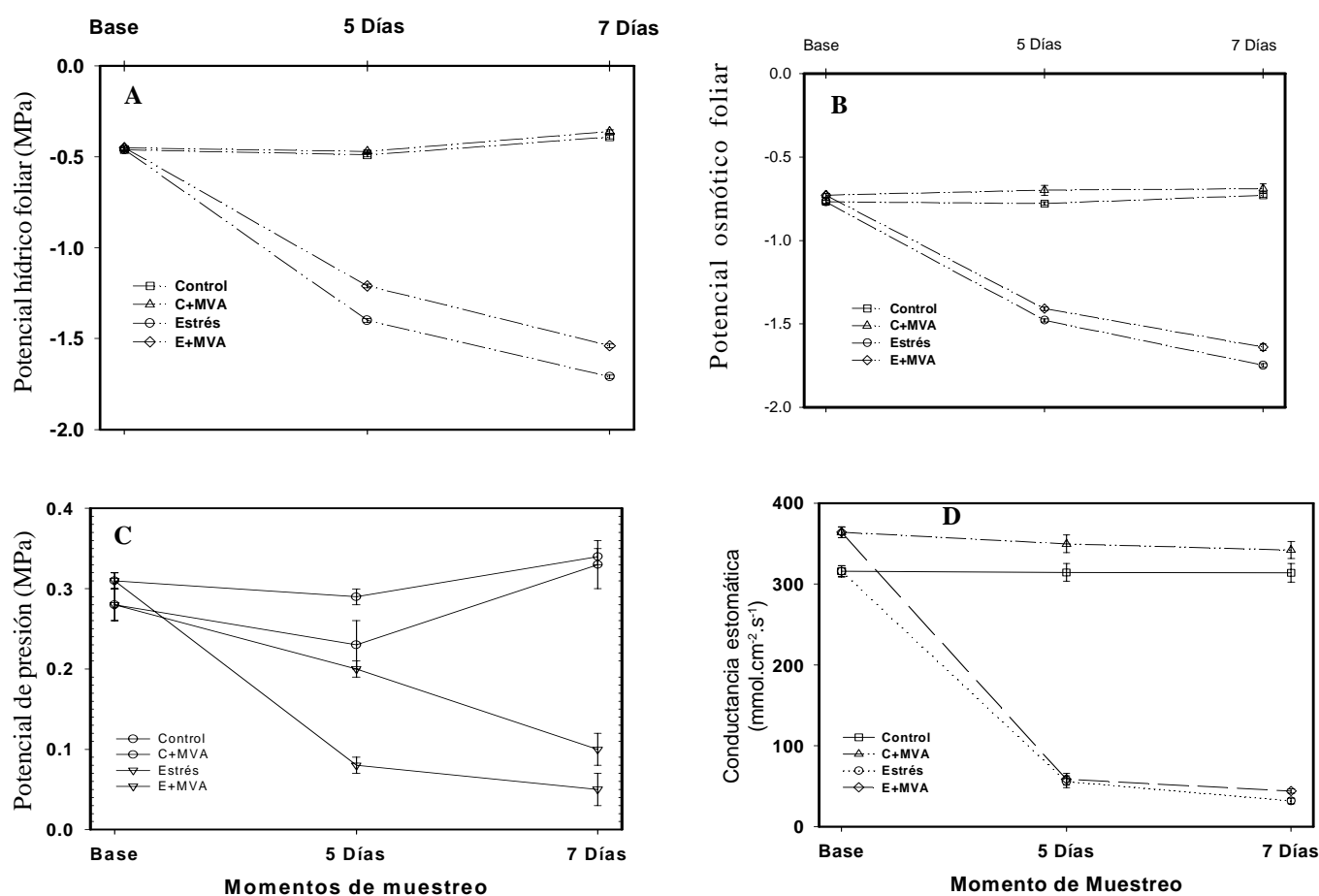


Figura 6. Comportamiento del estado hídrico de las plantas (A-Potencial hídrico foliar, B-Potencial osmótico, C-Potencial de presión y D-conductancia estomática) en plantas sometidas a estrés, micorrizadas y no micorrizadas. Error estándar de las medias

De acuerdo con los resultados, se detecta que existió una relación directa entre el comportamiento de los potenciales hídrico y osmótico y de la conductancia estomática.

Por otra parte, el hecho de haber aplicado la condición de estrés de forma rápida y por un período de tiempo corto, puede haber provocado una respuesta inmediata en las plantas, lo cual se refleja en la caída de los potenciales y desde luego en la disminución de la conductancia estomática, producto de un cierre inmediato de los estomas para evitar pérdidas excesivas de agua, debido a que estos responden de forma inmediata a cambios en las condiciones ambientales, incluida la humedad del suelo (18). Esta respuesta en el comportamiento de los estomas también evita la cavitación en el xilema (28, 29, 30, 31, 32).

En cuanto a la producción de aceites esenciales, en la Figura 7 se presentan los resultados alcanzados en los dos experimentos. Se destaca que para las dos condiciones de estrés empleadas, se produjo un incremento en la concentración de aceites que, en el caso de los siete días, duplicó a la del control en ambos experimentos, lo cual denota la factibilidad de aplicar esta práctica para lograr mejores resultados, dado que se hace al final del ciclo del cultivo, en la que las afectaciones en el crecimiento no resultaron daños de consideración.

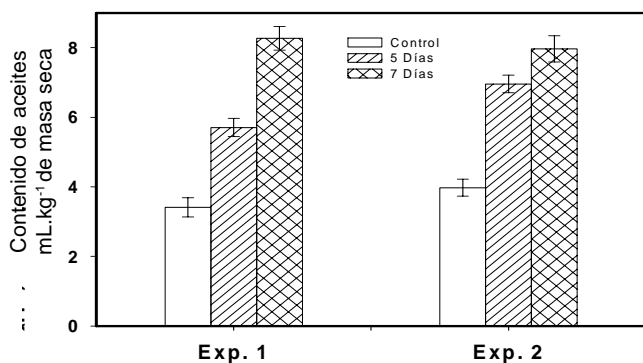


Figura 7. Contenido de aceites esenciales en plantas sometidas a estrés hídrico por períodos de cinco y siete días. Error estándar de las medias

En otros cultivos, por ejemplo en girasol, se concluyó que en las siembras de noviembre-diciembre (33), es donde se obtienen los más altos rendimientos en achenios y aceites que en las siembras de mayo, la cual resulta inapropiada para estos propósitos, todo lo cual está dado por las condiciones ambientales, en cuanto a las diferencias en las precipitaciones entre ambas épocas de siembra.

Los resultados, en general, demuestran que para obtener una mayor concentración de los aceites esenciales, es posible provocar condiciones de estrés hídrico antes del corte mediante la suspensión del suministro de agua y que la fertilización micorrízica es factible en la especie en estudio, la que favorece el comportamiento de las relaciones hídricas y del crecimiento en general de las plantas, debiendo tenerse en cuenta en futuros trabajos su influencia en la producción de aceites esenciales.

REFERENCIAS

1. Cheping, N. Plantas Medicinales. La Habana: MINSAP, 1993.
2. Juan, V. de y Santa-Olalla Mañas, M. de. Agronomía del riego. Madrid:Edic. Mundi-Prensa, 1993.
3. Baricevic, D.; Maticic, B. y Umek, A. The impact of water stress and/or nitrogen fertilization on morphologic, chemical characteristics and the yield of deadly nightshade (*Atropa belladonna* L.). En: The use of water in sustainable agriculture. Albacete : Universidad de Castilla-La Mancha, 1997.
4. Frensh, J. Primary responses of root and leaf elongation to water deficits in the atmosphere and soil solution. *J. Exp. Bot.*, 1998, vol. 48, p. 985-999.
5. Clifford, S. C. /et al./ The role of solute accumulation, osmotic adjustment and changes in cell wall elasticity in drought tolerance in *Ziziphus Mauritania* (Lamk). *J. Exp. Bot.*, 1998, vol. 49, p. 967-977.
6. Lu, Z. y Neumann, P. Water-stressed maize, barley and rice seedlings show species diversity in mechanisms of leaf growth inhibition. *J. Exp. Bot.*, 1998, vol. 49, p. 1945-1952.
7. Jerez, E. y Barroso, L. Comportamiento de la albahaca blanca (*Ocimum basilicum* L) ante reducciones de las cantidades da agua aplicada por fases del desarrollo. *Cultivos Tropicales*, 2002, vol. 23, no. 4, p. 39-46.
8. Augé, R. M. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*, 2001, vol. 11, p. 3-42.
9. Cuba. MINAGRI. Instituto de Suelos. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana: *Agrinfor*, 1999, 64 p.
10. Phillips, D. M. y Hayman, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 1970, vol. 55, p. 158-161.
11. Giovannetti, M. y Mosse, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular- arbuscular mycorrhizae infection in roots. *New Phytol.*, 1980, vol. 81, p. 489-500.
12. Herrera, R. A. /et al./ Estrategia de funcionamiento de las micorrizas VA en un bosque tropical. Biodiversidad en Iberoamérica: Ecosistemas, Evolución y Procesos Sociales. En: Programa Iberoamericano de Ciencias y Tecnologías para el desarrollo. Sudprograma, Diversidad Biológica, (12:1995:Merida).
13. Turner, N. C. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. *Plant Soil*, 1981, vol. 58, p. 339-366.
14. Dhillion, S. y Apornpon, L. The influence of inorganic nutrient fertilization on the growth, nutrient composition and vesicular-arbuscular mycorrhizal colonization of pretransplant rice plants. *Biology and Fertility of Soils*, 1992, vol. 91, p. 13-85.
15. Rivera, R. /et al./ La masa del endófito arbuscular como estimador de la eficiencia micorrízica: El modelo, posturas de café. En: Seminario Científico del INCA (2000 : La Habana), p. 111.
16. Barroso, L. y Jerez, E. Comportamiento de las relaciones hídricas en la albahaca blanca (*Ocimum basilicum* L.) al ser irrigadas con diferentes volúmenes de agua. *Cultivos Tropicales*, 2000, vol. 21, no. 3, p. 57-59.

17. Balibrea, M. E. /et al./ Carbon partitioning and sucrose metabolism in tomato plants growing under salinity. *Physiol. Plant*, 2000, vol. 110, p. 503-511.
18. Croker, J. L.; Witte, W. T. y Augé, R. M. Stomatal sensitivity of six temperate, deciduous tree species to non-hydraulic root-to-shoot signaling of partial soil drying. *J. Exp. Bot.*, 1998, vol. 49, p. 761-774.
19. Kubicova, E. /et al./ Mycorrhizal impact on osmotic adjustment in *Ocimum basilicum* during a lethal drying episode. *J. Plant Physiol.*, 2001, vol. 158, p. 1227-1230.
20. Morte, A. /et al./ Growth and water relations mycorrhizal and non-mycorrhizal *Pinus halepensis* plants in response to drought. *Biologia Plantarum*, 2001, vol. 44, p. 263-267.
21. Ebel, R. C. /et al./ Xylem sap abscisic acid concentration and stomatal conductance of mycorrhizal *Vigna unguiculata* in drying soil. *New Phytol.*, 1997, vol. 135, p. 755-761.
22. Muhsin, T. M. y Zwiazek, J. J. Ectomycorrhizas increase apoplastica water transport and root hydraulic conductivity in *Ulmus americana* seedlings. *New Phytol.*, 2002, vol. 153, p. 153-158.
23. Bryla, D. R. y Duniway, J. M. Growth, phosphorus uptake, and water relations of safflower and wheat infected with an arbuscular mycorrhizal fungus. *New Phytol.*, 1997, vol. 136, p. 581-590.
24. Bryla, D. R. y Duniway, J. M. Effects of mycorrhizal infection on drought tolerance and recovery in safflower and wheat. *Plant Soil*, 1997, vol. 197, p. 95-103.
25. Goicoechea, N. /et al./ Influence of arbuscular mycorrhizae and Rhizobium on free polyamines and proline levels in water-stressed alfalfa. *J. Plant Physiol.*, 1998, vol. 153, p. 706-711.
26. El-Tohamy, W. /et al./ Effect of VA mycorrhiza on improving drought and chilling tolerance of bean plants. *J. Appl. Bot.*, 1999, vol. 73, p. 178-183.
27. Augé, R. M. Stomatal behavior of arbuscular mycorrhizal plants. En: *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function*. 2000. p. 201-237.
28. Jones, H. G. Stomatal control of photosynthesis and transpiration. *J. Exp. Bot.*, 1998, vol. 49, p. 387-398.
29. Comstock, J. P. y Sperry, J. S. Theoretical considerations of optimal conduit length for water transport in vascular plants. *New Phytol.*, 2000, vol. 148, p. 195-218.
30. Steudle, E. Water uptake by roots: effect of water deficit. *J. Exp. Bot.*, 2000, vol. 51, p. 1531-1542.
31. Steudle, E. The cohesion-tension mechanism and the acquisition of water by plant roots. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 2001, vol. 52, p. 847-875.
32. Canny, M. J. Contributions to the debate on water transport. *Am. J. Bot.*, 2001, vol. 88, p. 43-46.
33. Alemán, R. D. Aspectos de la tecnología agrícola del cultivo del girasol (*Helianthus annuus* L.) para suelos pardos con carbonato en condiciones de bajos insumos. [Tesis de grado], UCLV, 2000. 100 p.

Recibido: 6 de noviembre de 2002

Aceptado: 17 de septiembre de 2003

DIPLOMADOS

Precio: 2000 USD

*Consultores de estadística y diseño experimental
en las investigaciones agrícolas y veterinarias*

*Coordinador: Dr.C. Alberto Caballero Núñez
Duración: 1 año*

SOLICITAR INFORMACIÓN

Dr.C. Walfredo Torres de la Noval
Dirección de Educación, Servicios Informativos
y Relaciones Públicas
Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)
Gaveta Postal 1, San José de las Lajas,
La Habana, Cuba. CP 32700
Telef: (53) (64) 6-3773
Fax: (53) (64) 6-3867
E.mail: posgrado@inca.edu.cu