

Micorrizas arbusculares asociadas a Júcaro de ciénaga (*Bucida palustris*) y Soplillo (*Lysiloma latisiliquum*) en la Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata, Cuba.

Raquel M. Rodríguez-Rodríguez, Yamir Torres-Arias, Eduardo Furrázola-Gómez

Instituto de Ecología y Sistemática carretera de Varona kilómetro 3¹/₂ Capdevila, Boyeros, La Habana Código Postal: 11900, Cuba. ode@ecologia.cu

Recibido: 7 de febrero de 2013.

Aceptado: 14 de noviembre de 2013.

Palabras clave: humedal, tipo-*Arum*, tipo-*Paris*, *Funneliformis halonatus*, *Racocetra alborosea*.

Key words: wetland, *Arum*-type, *Paris*-type, *Funneliformis halonatus*, *Racocetra alborosea*.

RESUMEN. Se evaluó y caracterizó el estatus micorrízico arbuscular de *Bucida palustris* (júcaro de ciénaga) y *Lysiloma latisiliquum* (soplillo), especies distintivas de bosque de ciénaga y bosque semidecídúo con humedad fluctuante, respectivamente, en la Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata. Se determinó además, la densidad de esporas rizosféricas de hongos micorrizógenos arbusculares y se identificó la especie predominante en cada caso. Ambas especies vegetales resultaron micótrofas arbusculares con elevados porcentajes de colonización (> 90 %) y densidad visual (>25 %). La densidad de esporas rizosféricas asociadas a *Lysiloma latisiliquum* fue casi 2,5 veces mayor que en *Bucida palustris* y las especies predominantes fueron *Funneliformis halonatus* y *Racocetra alborosea*, respectivamente. La morfología Tipo-*Paris* se identificó en *Lysiloma latisiliquum* y el Tipo-*Arum* en *Bucida palustris*. Se observaron además de los enrollados hifales y arbuscúlos determinantes de los tipos morfológicos anteriormente descritos, esporas y vesículas intrarradicales en ambas especies. Este trabajo constituye el primer reporte de micorrizas arbusculares asociadas a especies vegetales en humedales cubanos. Estudios acerca de su funcionamiento y diversidad, así como su relación con plantas cubanas permitirá una mejor comprensión de esta simbiosis y facilitará la utilización de micorrizas nativas en estrategias de conservación y uso sostenible de plantas y ecosistemas.

ABSTRACT. Arbuscular mycorrhizal status of *Bucida palustris* (júcaro de ciénaga) and *Lysiloma latisiliquum* (soplillo), distinctive species of swamp forest and semideciduous forest with fluctuating wet in the Biosphere Reserve Zapata Swamp, respectively, was evaluated and characterized. Also, spore density of rizospheric arbuscular mycorrhizal fungi were quantified and predominant specie in each case was determined. Both vegetable species were arbuscular mycorrhizic with high average of colonization (> 90 %) and visual density (>25%). The rizospheric spore density *Lysiloma latisiliquum* associated was almost 2.5 times higher than *Bucida palustris* and predominant species were *Funneliformis halonatus* and *Racocetra alborosea*, respectively. *Paris*-type morphology was identified in *Lysiloma latisiliquum* and *Arum*-type in *Bucida palustris*. As well as hifal coils and arbuscules that characterized morphological types above described, spores and vesicles were identified in both species. This work constitute the first report of arbuscular mycorrhizal associated with vegetable species in Cuban wetlands. Studies about it functioning and diversity, so as the relation with Cuban plants, particularly endemics and threatened, will permit a better understanding about this symbiosis and will provide the use native mycorrhizae in conservation strategies and sustainable management of plants and ecosystems.

INTRODUCCIÓN

Las micorrizas arbusculares (MA), originalmente referidas como micorrizas vesículo-arbusculares (MVA)^{1,2} constituyen una asociación simbiótica mutualista entre las raíces de la mayoría de las plantas vasculares y un pequeño grupo de hongos del *phylum Glomeromycota*.³ La diversidad de respuestas de la simbiosis entre las diferentes plantas y especies de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) es ampliamente reconocida, así como su impacto en las interacciones ecológicas en las comunidades fúngicas y vegetales y entre la comunidad microbiana del suelo en general.⁴

En Cuba, las MA han sido estudiadas tanto en ecosistemas naturales como de reemplazo⁵⁻⁸ y asociadas a especies vegetales, en su mayoría de interés agrícola⁹⁻¹², sin embargo su aplicación en actividades de conservación ha sido limitada.¹³

La Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata, al sur de la provincia de Matanzas, es el mayor y mejor humedal conservado del Caribe insular y constituye una unidad ecológica con valores naturales muy importantes, de importante diversidad biológica.¹⁴ Históricamente, los estudios de biodiversidad en este humedal han estado referidos a su flora y fauna,¹⁵⁻¹⁸ sin embargo, trabajos recientes abordan su diversidad fúngica.^{19,22}

La relación entre las especies vegetales características de los diferentes ecosistemas de la Ciénaga de Zapata con los HMA no ha sido examinada hasta la fecha. Es por ello que el objetivo del presente estudio consistió en evaluar y caracterizar el estatus micorrízico arbuscular de *Bucida palustris* Borhidi & O. Muñiz (júcaro de ciénaga) y *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth. (soplillo), especies distintivas de dos de sus formaciones vegetales, así como determinar la densidad de esporas de HMA rizosféricas e identificar la especie predominante en cada caso.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en mayo de 2010 en áreas naturales cercanas al poblado de Pálpite (entre 22°19'45" N, 81°11'5" W y 22°19'28" N, 81°12'38" W), Ciénaga de Zapata. Las especies arbóreas evaluadas fueron *Bucida palustris* (Combretaceae) y *Lysiloma latisiliquum* (Mimosaceae), características y dominantes de bosque de ciénaga (BC) y bosque semidecídúo con humedad fluctuante (BSHF), respectivamente.¹⁴ La época de muestreo coincidió con el inicio del período lluvioso, por lo que los ecosistemas, aunque muy húmedos, no estaban totalmente anegados. En algunas zonas del BC se observaron áreas de inundación parcial, no así en el BSHF. Los suelos característicos de los BC son turbosos de origen mayormente leñoso formados a partir de residuos orgánicos de la vegetación en condiciones de anaerobiosis total o parcial, con un grado de descomposición alrededor del 50 % y bajo contenido de fósforo y potasio. Su pH oscila entre 6,4 y 8. El BSHF presenta suelo redzina negra, de textura arcillosa, poca profundidad (25-30 cm) y alto grado de rocosidad. Su pH es neutro entre 6,9 y 7,6 y tienen bajo contenido de fósforo y medio de potasio.^{23,14}

Para el análisis de las variables micorrízicas se muestrearon los sistemas radicales de 10 individuos por especie y el suelo rizosférico asociado (profundidad de 0-10 cm). Estos fueron secados al aire y almacenados en bolsas plásticas hasta su procesamiento en el laboratorio. Las raicillas menores de 2 mm de diámetro se lavaron y cortaron (1 cm de longitud) y tiñeron con Azul de Tripán según el método de Phillips y Hayman.²⁴ Se cuantificó el porcentaje de colonización micorrízica arbuscular (%CM) según la metodología de Giovannetti y Mosse²⁵ y la intensidad de ocupación fúngica expresado como porcentaje de densidad visual (%DV) según Herrera-Peraza *et al.*⁸ A partir de raíces teñidas seleccionadas, se realizaron preparaciones fijas en polivinil-alcohol-lactoglicerina (PVLG) para identificar estructuras intrarradicales MA y determinar la morfología interna de la asociación.

Luego del tamizado y decantado de 100 g de suelo seco,²⁶ seguido de la centrifugación en gradiente de sacarosa 2 M⁸ se determinó la densidad de esporas HMA (número de esporas en 100 g de suelo seco) asociada a cada especie vegetal. Las esporas intactas y con contenido lipídico

más abundantes en cada caso fueron colectadas y montadas en PVLG y PVLG/Reactivo de Melzer (1 : 1, v/v) para su identificación morfológica. Esta se basó en su color, tamaño, ornamentaciones de la superficie y estructura de la pared siguiendo los criterios taxonómicos de Schenck y Pérez,²⁷ la Colección Internacional de Hongos Micorrizógenos Vesículo-Arbusculares (INVAM)²⁸ y Blaszkowski.²⁹ Las esporas y raíces teñidas se fotografiaron bajo el microscopio compuesto Carl Zeiss modelo Axioskop 2 con cámara acoplada AxioCam y procesadas mediante el programa AxioVision 3.1 a 1300 x 1030 dpi plus.

RESULTADOS

Tanto *Bucida palustris* como *Lysiloma latisiliquum* presentaron signos evidentes de CM del tipo arbuscular corroborado por la identificación de estructuras intrarradicales típicas ((Tabla 1, Fig. 1 A-D)). La morfología interna MA varió entre especies, así como la densidad de esporas y especie HMA predominante. Los %CM y %DV fueron elevados en ambos casos (Tabla 1).

Tabla 1. Variables micorrízicas cuantitativas y cualitativas evaluadas en las especies *Lysiloma latisiliquum* y *Bucida palustris*

Variables	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	<i>Bucida palustris</i>
% CM	94	98
% DV	28,2	25,1
Esp/100 g	5820	2380
Esporas	+	+
Vesículas	+	+
Enrollados	+	-
hifales		
Arbúsculos	-	+
Tipo MA	Tipo- <i>Paris</i>	Tipo- <i>Arum</i>
HMA	<i>Funneliformis</i> <i>halonatus</i> (S.L. Rose y Trappe) Oehl, G.A. Silva & Sieverd	<i>Racocetra alborosea</i> (Ferrer & R.A. Herrera) Oehl, F.A. Souza & Sieverd

Porcentaje de colonización micorrízico (%CM). Porcentaje de densidad visual (%DV). Número de esporas rizosféricas de HMA en 100 g de suelo seco (Esp/100 g). Presencia/ausencia (+)/(-) de esporas intrarradicales, vesículas, enrollados hifales y arbúsculos; tipo morfológico MA y especie de HMA predominante en cada caso.

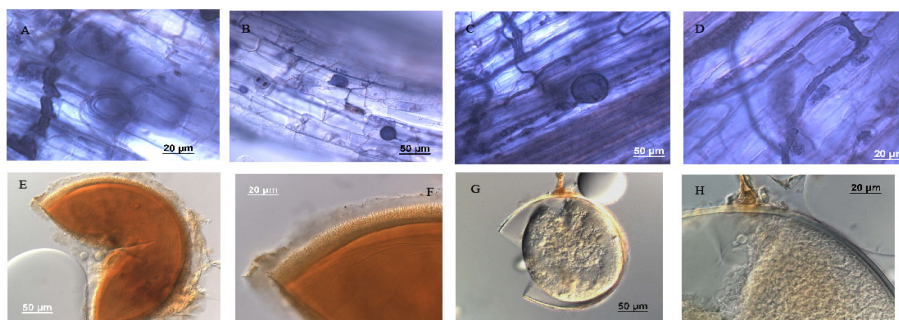


Fig. 1. Microfotografías de colonización MA (A-D) y de esporas HMA (E-H) predominante asociadas a ambas especies vegetales. A-B raíces de *Lysiloma latisiliquum* y C-D de *Bucida palustris*. E-F *Funneliformis halonatus* asociado a *Lysiloma latisiliquum* y G-H *Racocetra alborosea* a *Bucida palustris*.

DISCUSIÓN

La determinación y caracterización del estatus micorrízico arbuscular de ambas especies se informan por primera vez bajo condiciones naturales y su reconocimiento está en correspondencia con lo reportado para las familias a las que pertenecen, aunque los estudios en Combretaceae son aún muy escasos.³⁰

Los altos niveles en las variables micorrízicas cuantificadas (tanto CM como DV) concuerda con lo planteado por Read *et al.*³¹ en el sentido de que en ambientes con situaciones marcadamente competitivas las especies dominantes están fuertemente micorizadas, lo que evidencia un alto grado de asociación. Resultados que apoyan dicha hipótesis han sido registrados con anterioridad en otros ecosistemas naturales cubanos.^{6,32}

La presencia de micorrizas arbusculares en especies y ecosistemas cenagosos y acuáticos ha sido previamente documentada. Evaluaciones recientes en varias comunidades pantanosas de la Florida en Estados Unidos, revelaron muy bajas CM durante el período seco, las cuales fueron superiores durante los períodos de inundación, resultado inesperado dada la condición de los HMA como organismos aeróbicos.³³ Estudios de campo y experimentales en diferentes especies de manglar en China³⁴ mostraron también, la presencia de MA en plantas que toleran entre 1 y 11 h diarias de inundación, indicando que algunas especies de HMA tienen la capacidad de sobrevivir bajo elevadas condiciones de hipoxia. Los % CM promedio de algunas de las especies evaluadas fueron cercanos al 80 %, sin embargo esta fue evidentemente suprimida en aquellas especies sometidas a largos períodos de anegamiento. Por otro lado, Carvalho *et al.*³⁵ demostraron experimentalmente que el establecimiento y actividad de las MA en *Aster tripolium* L., especie característica de marismas está más influenciado por la salinidad que por el anegamiento. De forma similar, de Marins *et al.*³⁶ reportaron MA en macrófitas acuáticas y especies de HMA en los sedimentos rizosférico de las mismas. Todo ello indica que la funcionalidad de los HMA en estos ambientes no está restringido por los períodos hidrológicos ni el anegamiento del suelo.

Los sistemas radicales de las plantas acuáticas y de ciénaga poseen adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten sobrevivir bajo estas condiciones. La presencia de raíces superficiales, la elevada porosidad radical y el desarrollo de aerénquima son algunos de los mecanismos para aumentar la disponibilidad de oxígeno en la rizosfera,³⁷⁻⁴⁰ por lo que es posible que los HMA que colonizan las plantas en estos suelos, obtengan de ellas no solo carbono, sino también, oxígeno.⁴¹ Ello, conjuntamente con los bajos niveles de fósforo los suelos estudiados podría explicar los elevados porcentajes de CM y DV encontrados.

Se conoce que la densidad de esporas en el suelo es muy variable,⁴² sin embargo, las obtenidas en el presente estudio resultaron muy elevados considerando reportes anteriores de estudios realizados en ecosistemas tropicales, los cuales, por lo general, son inferiores a 400 esporas /100 g de suelo.⁴³⁻⁴⁶ El número de esporas de HMA asociado a *Lysiloma latisiliquum* casi 2,5 veces mayor que en *Bucida palustris*, así como el predominio de especies rizosféricas diferentes (Fig. 1[E-H]) pudiera relacionarse con el anegamiento más prolongado del BC respecto al BSHF, lo que corresponde a su vez con diferentes estrategias de funcionamiento micorrízico.

Tanto *Lysiloma latisiliquum* como *Bucida palustris* presentaron tipos morfológicos MA diferentes bien definidos, sin embargo, la clasificación de la morfología interna MA en especies y familias vegetales de manera categórica es actualmente imprecisa y los factores implicados en ella son numerosos.^{36,47-50} El predominio de la morfología Tipo-*Paris* en comunidades naturales es ampliamente reconocido⁵¹⁻⁵³ mientras que Tipo-*Arum* ha sido más relacionado con plantas cultivadas, las cuales son generalmente de rápido crecimiento.⁵²⁻⁵⁴ No obstante, ambos coexisten en ecosistemas naturales, y en algunos estudios se reconoce la primacía del Tipo-*Arum*.^{50,55,56}

CONCLUSIONES

Este trabajo constituye el primer reporte de la simbiosis micorrizas arbusculares en la Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata. Los elevados niveles de colonización micorrízica y de densidad visual asociados a *Lysiloma latisiliquum* y *Bucida palustris*, especies dominantes de dos de sus formaciones vegetales sugieren un alto grado de asociación. Igualmente, el alto número de esporas encontrado muestra un buen grado de conservación de estos ecosistemas tan cercanos a asentamientos humanos. Trabajos posteriores acerca del funcionamiento y diversidad de las micorrizas arbusculares así como su relación con otras especies vegetales de estos ecosistemas permitirá una mejor comprensión de la simbiosis y facilitará la utilización de micorrizas arbusculares nativas en estrategias de conservación y uso sostenible.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco del Proyecto Nacional *Evaluación de los posibles impactos del Cambio Climático sobre la diversidad fúngica en Cuba*. Los autores agradecen la atención brindada por el Órgano del CITMA de la República de Cuba en Pálpite, Ciénaga de Zapata y a la colaboración de MsC. Ramona Oviedo del Herbario de la Academia de Ciencias de Cuba del Instituto de Ecología y Sistemática por la identificación de las especies vegetales, la documentación y el asesoramiento brindado para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Smith SE, Read DJ. Mycorrhizal Symbiosis. Second edition. Academic Press Ltd, London, UK. 1997: p. 11-33.
2. Peterson RL, Massicotte HB, Melville LH. Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology., National Research Council of Canada, Ottawa, Ontario K1A 0R6, Canada. 2004.
3. Shüßler A, Schwarzott D, Walker C. A new fungal *phylum*, the *Glomeromycota*: phylogeny and distribution. Mycological Research. 2001; 105(12): 1413-1425.
4. Smith SE, Facelli E, Pope S, Smith FA. Plant performance in stressful environments: interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. Plant Soil. 2010; 326:3-20.
5. Ferrer RL, Herrera RA. Especies micorrízicas cubanas. Rev Jardín Bot Nac 1985; 6(1): 75-78.
6. Ferrer RL, Herrera RA. Micotrofia en Sierra del Rosario. En: Herrera RA, Menéndez L, Rodríguez ME, García EE, editores. Ecología de los Bosques Siempreverdes de Sierra del Rosario, Cuba: IES, ACC.: 1988: p. 473-484.
7. Furrázola EF. Tendencias funcionales de las micorrizas arbusculares en ecosistemas naturales y de reemplazo en Venezuela y Cuba. [Tesis en opción al título académico de máster en Ecología y Sistemática Aplicada. Mención Ecología]. Ciudad de La Habana, Instituto de Ecología y Sistemática; 2003.
8. Herrera Peraza RA, Furrázola E, Ferrer RL, Fernández Valle R, Torres Arias Y. Functional strategies of root hairs and arbuscular mycorrhizae in an evergreen tropical forest, Sierra del Rosario, Cuba. Revista CENIC Ciencias Biológicas. 2004; 35(2): 113-123.
9. Ferrer RL, Furrázola E, Herrera RA. Selección de hospederos y sustratos para la producción de inóculos micorrizógenos. Acta Botánica Cubana. 2004; 168: 1-10.
10. Orozco MO, Furrázola E, Pouyú E, Ferrer RL. Respuesta del frijol de soya a la inoculación con hongos de las micorrizas VA en condiciones de campo. Acta Botánica Cubana. 2004; 168: 11-13.
11. Ley Rivas JF. Eficiencia de cepas del género *Glomus* en cultivos de lechuga y tomate en condiciones controladas. [tesis en opción al título académico de máster en Ecología y Sistemática Aplicada, Mención Ecología]. La Habana, Instituto de Ecología y Sistemática; 2013.

12. Terry Alfonso E, Ruiz Padrón J, Tejeda Peraza T, Díaz de Armas MM. Respuesta del cultivo de la habichuela (*Phaseolus vulgaris* L. var. Verlili.) a la aplicación de diferentes bioproductos. Cultivos Tropicales. 2013; 34: 5-10.
13. Torres-Arias Y, Rodríguez MA, Oviedo Prieto R, Herrera Peraza RA. Ecotecnologías para la rehabilitación de áreas afectadas por la minería en Moa. Acta Botánica Cubana. 2002; 165: 7-12.
14. Labrada M, Luis J, González H, Zamora I, Alfonso H, Torres L *et al.* Informe Final de Proyecto: "Propuesta de Plan de Manejo de la Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata". Instituto de Geografía Tropical. Agencia de Medio Ambiente, CITMA. La Habana 2005.
15. Del Risco E. La vegetación de Zapata (Cuba) y su relación con las condiciones ecológicas, con especial énfasis en el nivel del agua freática. [Tesis en opción al título de doctor en ciencias]. Instituto de Botánica, Academia de Ciencias de Cuba e Instituto de Botánica, Academia de Ciencias de Checoslovaquia, Brno, 1978.
16. Garrido OH. Los vertebrados terrestres de la Península de Zapata. Poeyana. 1980; 203: 1-49.
17. Oviedo R, Menéndez L, Guzmán JM. Flora asociada a manglares y sus ecotonos. En: Menéndez Carrera L, Guzmán Menéndez JM, editores. Ecosistema de manglar en el Archipiélago Cubano Estudios y experiencias enfocados a su gestión.. La Habana Editorial Academia: 2006: p. 44-57.
18. Borroto Páez R, Labrada Pons M, Mancina CA, Oviedo R. Valoración rápida de la biodiversidad en cayos al sureste de la Ciénaga de Zapata (Cuba). Orsis. 2007; 22: 9-33.
19. Minter DW, Rodríguez-Hernández M, Mena-Portales J, editores. *Fungi of the Caribbean. An annotated checklist*. London; PMDS Publisher: 2001.
20. Mercado Sierra A, Delgado-Rodríguez G, Mena Portales J, Guarro J. Some Hyphomycetes (Mitosporic Fungi) from "Ciénaga de Zapata" Biosphere Reserve, Cuba. Bol Soc Micol. (Madrid). 2002; 26: 183-188.
21. Enríquez D, González M, Delgado Y, Núñez R. Micobiota marina de la Ciénaga de Zapata, Cuba. Rev Invest Mar 2009; 30: 93-97.
22. Mena Portales J, Herrera Figueroa S, Ortiz Medina JL, Blanco Hernández N, Furrázola Gómez E, Ferrás Álvarez H *et al.* Informe Final de Proyecto: "Evaluación de los posibles impactos del Cambio Climático sobre la diversidad fúngica en Cuba". Programa Ramal: Diversidad Biológica. Instituto de Ecología y Sistemática. Agencia de Medio Ambiente, CITMA. La Habana 2011.
23. Rodríguez Yi JL, Fernández Reyes L, Cruz Nardo R, editores. Estudio Geográfico Integral Ciénaga de Zapata. Publicaciones Servicio de Información y Traducciones del ICGC. 1993. ACC: 1993: p.73-79 Ciudad: No refiere
24. Phillips JM, Hayman DS. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans Br Mycol Soc. 1970; 55:158-161.
25. Giovannetti M, Mosse B. An evaluation of techniques to measure vesicular arbuscular infection in roots. New Phytol. 1980; 84: 489-500.
26. Gerdemann JW, Nicolson TH. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet-sieving and decanting. Trans Brit Mycol Soc 1963; 46: 235-244.
27. Schenck NC, Pérez Y. Manual for the Identification of VA Mycorrhizal Fungi. 3.rd Ed. Gainesville, FL: Synergistic Publ, 1990.
28. Colección Internacional de Cultivos de Hongos Micorrizógenos Vesículo-Arbusculares (INVAM) [Consultado: 20 de septiembre 2012]. Disponible en: <http://invam.caf.wvu>.
29. Blaszkowski Janusz. Arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota), *Endogone* and *Complexipes* species deposited in the Department of Plant Pathology, University of Agriculture in Szczecin, Poland [Consultado 20 septiembre 2012]. Disponible en: www.agro.ar.szczecin.pl/~jblaszkowski

30. Wang B, Qiu Y-L. Phylogenetic distribution and evolution of micorrizas in land plants. *Mycorrhiza*. 2006; 16: 299-363.
31. Read DJ, Koucheki HK, Houdgson J. Vesicular-arbuscular mycorrhiza in natural vegetation systems. I-The occurrence of infection. *New Phytol*. 1976; 77: 641-653.
32. Furrázola E, Torres-Arias Y, Medina ME, Ley-Rivas JF, Rodríguez-Rodríguez RM, Sotolongo Y, Gómez OA. Informe Final de Proyecto: "Evaluando los vínculos funcionales de la biodiversidad y la seguridad alimentaria en sabanas de la Reserva Florística Manejada San Ubaldo-Sabanalamar, Pinar del Río". Programa Nacional de Ciencia y Técnica: Cambios Globales y Evolución del Medio Ambiente Cubano. Instituto de Ecología y Sistemática AMA-CITMA. La Habana 2012.
33. Ipsilantis I, Sylvia DM. Abundance of fungi and bacteria in a nutrient-impacted Florida wetland. *Applied Soil Ecology*. 2007; 35: 272-280.
34. Wang Y, Qiu Q, Yang Z, Hu Z, Tam NF-Y, Xin G. Arbuscular mycorrhizal fungi in two mangroves in South China. *Plant Soil*. 2010; 331: 181-191.
35. Carvalho LM, Correia PM, Caçador I, Martins-Loução MA. Effects of salinity and flooding on the infectivity of salt marsh arbuscular mycorrhizal fungi in *Aster tripolium* L. *Biol Fertil Soils*. 2003; 38: 137-143.
36. De Marins JF, Carrenho R, Thomaz SM. Occurrence and coexistence of arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate fungi in aquatic macrophytes in a tropical river-floodplain system. *Aquatic Botany*. 2009; 91: 13-19.
37. Justin SHFW, Armstrong W. The anatomical characteristics of roots and plant response to soil flooding. *New Phytol*. 1987; 105: 465-495.
38. Gibberd MR, Colmer TD, Cocks PS. Root porosity and oxygen movement in waterlogging-tolerant *Trifolium tomentosum* and -intolerant *Trifolium glomeratum*. *Plant, Cell and Environment*. 1999; 22: 1161-1168.
39. North GB, and Peterson CA. Water Flow in Roots: Structural and Regulatory Features. En: Holbrook NM, Zwieniecki MA, editores. *Vascular Transport in Plants*. Boston: Elsevier Academic Press: 2005: p.131-156.
40. Callaway RM, Pugnaire FI. Facilitation in Plant Communities. En: Pugnaire FI, Valladares F, editores. *Functional Plant Ecology*. Second Edition ed. Boca Raton London New York: CRC Press; 2007: p.435-455.
41. Helgason T, Fitter AH. Natural selection and the evolutionary ecology of the arbuscular mycorrhizal fungi (*Phylum Glomeromycota*). *Journal of Experimental Botany*. 2009; 60(9): 2465-2480.
42. Smith SE, Read DJ. *Mycorrhizal Symbiosis*. Third edition. New York, London: Elsevier Academic Press: 2008: p: 525-636
43. Muthukumar T, Sha L, Yang X, Cao M, Tang J, Zheng Z. Distribution of roots and arbuscular mycorrhizal associations in tropical forest types of Xishuangbanna, southwest China. *Applied Soil Ecology*. 2003; 22: 241-253.
44. Aida MPM, Carrenho R, Joly CA. Aspects of Arbuscular mycorrhizal fungi in Atlantic Forest Chronosequence Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (Petar), SP. *Biota Neotropica*. 2004; 4(2): 1-15.
45. Moreira M, Baretta D, Tsai SM, Cardoso EJBN. Spore density and root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi in preserved or disturbed *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. ecosystems. *Sci Agric (Piracicaba, Braz)*. 2006; 63(4): 380-385.
46. Cuenca G, Lovera M. Seasonal variation and distribution at different soil depths of arbuscular mycorrhizal fungi spores in a tropical sclerophyllous shrubland. *Botany*. 2010; 88(1): 54-64.
47. Cavagnaro TR, Gao L-L, Smith FA, Smith SE. Morphology of arbuscular mycorrhiza is influenced by fungal identity. *New Phytol*. 2001; 151: 469-475.

48. Sannazzaro AI, Ruiz OA, Albertó E, Menéndez AB. Presence of different arbuscular mycorrhizal infection patterns in roots of *Lotus glaber* plants growing in the Salado River basin. *Mycorrhiza*. 2004; 14: 139-142.
49. Dickson S, Smith FA, Smith SE. Structural differences in arbuscular mycorrhizal symbioses: more than 100 years after Gallaud, where next? *Mycorrhiza*. 2007; 17:375-393.
50. Zubeck S, Turnau K, Blaszkowski J. Arbuscular mycorrhiza of endemic and endangered plants from the Tatra Mts. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 2008; 77: 149-156.
51. Brundrett M, Kendrick B. The roots and mycorrhizas of herbaceous woodland plants. II. Structural aspects of morphology. *New Phytol*. 1990; 114: 469-479.
52. Yamato M, Iwasaki M. Morphological types of arbuscular mycorrhizal fungi in roots of understorey plants in Japanese deciduous broad-leaved forests. *Mycorrhiza*. 2002; 12: 291-296.
53. Dickson S. The Arum-Paris continuum of mycorrhizal symbioses. *New Phytol*. 2004; 163: 187-200.
54. Smith FA, Smith SE. Structural diversity in (vesicular)-arbuscular mycorrhizal symbioses. *New Phytol*. 1997; 137: 373-388.
55. Fisher JB, Jayachandran K. Presence of arbuscular mycorrhizal fungi in South Florida native plants. *Mycorrhiza*. 2005; 15: 580-588.
56. Shi ZY, Zhang LY, Li XL, Feng G, Tian CY, Christie P. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with desert ephemerals in plant communities of Junggar Basin, northwest China. *Applied Soil Ecology*. 2007; 35: 10-20.