

FUNGOS ENDÓFITOS DE *OPUNTIA FICUS-INDICA* (L.) MILL. (CACTACEAE) SADIA E INFESTADA POR *DACTYLOPIUS OPUNTIAE* (COCKERELL, 1896) (HEMIPTERA: DACTYLOPIIDAE)

KARLA T.L.S. FREIRE¹, GIANNE R. ARAÚJO¹, JADSON D.P. BEZERRA^{1*}, RENAN N. BARBOSA¹, DIANNY C.V. SILVA¹, VIRGÍNIA M. SVEDESE², LAURA M. PAIVA¹ & CRISTINA M. SOUZA-MOTTA¹

¹Departamento de Micologia Professor Chaves Batista, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil. *E-mail: jadsondpb@gmail.com.

²Colegiado de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, Pernambuco, Brasil.

Recebido em Abril de 2015. Aceito em Maio de 2015. Publicado em Junho de 2015.

RESUMO – Os micro-organismos endofíticos habitam o interior dos tecidos vegetais sem causar danos aparentes em seus hospedeiros. Estes vivem associados às plantas em todo ou parte do seu ciclo de vida, auxiliando na proteção contra fatores bióticos e abióticos e são também uma fonte potencial de novos produtos naturais de importância biotecnológica. Este estudo teve como objetivo conhecer a composição endofítica fúngica de cladódios sadios de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill e verificar se há influência da infestação pelo inseto *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896) (Hemiptera: Dactylopiidae) na comunidade endofítica da palma forrageira. Foram utilizados 45 fragmentos de cada tecido vegetal sadio e infestado pelo inseto. Um total de 44 fungos endofíticos foi isolado da palma forrageira infestada por *D. opuntiae*, sendo o maior número identificado como mycelia sterilia (35). Da palma forrageira sadia foram isolados 46 fungos endofíticos, a maioria identificada como *Chrysonilia sitophila* (Mont.) Arx (19). Os resultados mostram que a frequência de colonização entre os dois tecidos estudados foi semelhante, havendo diferença no número de gêneros fúngicos isolados de cada tecido vegetal. Estes resultados demonstram a necessidade de mais estudos sobre a influência da infestação pelo inseto na comunidade endofítica fúngica de palma forrageira.

PALAVRAS-CHAVE: Palma-forrageira, cochonilha-do-carmim, microbiota endofítica.

ENDOPHYTIC FUNGI FROM *OPUNTIA FICUS-INDICA* (L.) MILL. (CACTACEAE) HEALTHY AND INFESTED BY *DACTYLOPIUS OPUNTIAE*

ABSTRACT – The endophytic microorganisms inhabit the interior of plant tissues without causing apparent damage to their hosts. These living associated with plants in all or part of their life cycle, helping protect against biotic and abiotic factors and are also a potential source of new natural products of biotechnological importance. This study aimed to know the endophytic fungal composition of healthy cladodes of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill and verify influence of infestation by the insect *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896) (Hemiptera: Dactylopiidae) in the endophytic community of the cactus. Forty five fragments of each healthy plant tissue and infested by the insect were used. A total of 44 endophytic fungi was isolated from the forage cactus infested by *D. opuntiae*, with the highest number identified as sterile mycelia (35). From the forage cactus healthy were isolated 46 endophytes, most identified as *Chrysonilia sitophila* (Mont.) Arx (19). The results show that the frequency of colonization between the two tissues studied was similar, with the difference in the number of genera of fungi isolated from each plant tissue. These results demonstrate the need for more studies on the influence of infestation by the insect in community of endophytic fungal of the cactus.

KEYWORDS: Forage cactus, cochineal insect, endophytic microbiota.

HONGOS ENDÓFITOS DE *OPUNTIA FICUS-INDICA* (L.) MILL. (CACTACEAE) SALUDABLES E INFESTADO POR *DACTYLOPIUS OPUNTIAE*

RESUMEN – Microorganismos endófitos habitan en el interior de los tejidos vegetales sin causar daño aparente a sus anfitriones. Están asociados con plantas en todo o parte de su ciclo de vida, lo que ayuda a protegerlas contra los factores bióticos y abióticos y también son una fuente potencial de nuevos productos naturales de importancia biotecnológica. Este estudio tuvo como objetivo conocer la composición de hongos endófitos de cladodios saludables de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. y verificar la influencia de la infestación por el insecto *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896) (Hemiptera: Dactylopiidae) en la comunidad endofítica del cactus. Se utilizaron cuarenta y cinco fragmentos de cada tejido saludables de la planta y los infestados por el insecto. Se aisló un total de 44 hongos endófitos de los cactus forraje infestada por *D. opuntiae*, con el mayor número identificado como micelios sterilia (35). Desde el cactus forraje saludables se aislaron 46 endófitos, la mayoría identificados como *Chrysonilia sitophila* (Mont.) Arx (19). Los resultados muestran que la frecuencia de colonización entre los dos tejidos estudiados fue similar, con la diferencia en el número de géneros de hongos aislados de cada tejido de la planta. Estos resultados demuestran la necesidad de más estudios sobre la influencia de la infestación por el insecto en la comunidad de hongos endófitos de los cactus.

PALABRAS CLAVE: Cactus forraje, insectos de cochinilla, microbiota endofítico.

INTRODUÇÃO

O termo endófito define os micro-organismos que colonizam o interior de órgãos e tecidos vegetais, mas que não produzem sintomas aparentes de doença em seus hospedeiros (Schutz e Boyle, 2005). Recentemente, o estudo de fungos endofíticos foi denominado de “endofitologia”, com o intuito de facilitar o entendimento da relação desses micro-organismos com o seu hospedeiro (Unterseher *et al.*, 2012), os quais podem

conferir diversos benefícios às plantas, auxiliando na proteção contra ataque de patógenos, insetos-praga, substâncias tóxicas e, até mesmo, condições de estresse causadas pela escassez de água (Peixoto-Neto *et al.*, 2002). Esses fungos também são relatados como potenciais produtores de metabólitos de importância biotecnológica (Azevedo *et al.*, 2000; Cafêu *et al.*, 2005; Fernandes *et al.*, 2009; Bezerra *et al.*, 2012a; Chandra, 2012).

Micro-organismos endofíticos já foram isolados a partir de uma grande variedade de plantas (Arnold *et al.*, 2000; Wang

e Dai, 2010; Siqueira *et al.*, 2011; Bezerra *et al.*, 2015). Entretanto, são poucos os estudos que relataram fungos endofíticos associados às plantas de ambientes secos, como o estudo dos fungos endofíticos de *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. realizado em regiões semiáridas da Austrália (Fischer *et al.*, 1994) e o de Silva-Hughes *et al.* (2015) que estudaram os fungos endofíticos *Opuntia humifusa* (Raf.) Raf. nos Estados Unidos, além de outras espécies de cactos no Arizona, as quais foram estudadas por Suryanarayanan *et al.* (2005). No Brasil, a composição da comunidade de fungos endofíticos foi estudada em *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Bezerra *et al.*, 2012a) e em *Cereus jamacaru* DC. subsp. *jamacaru* crescendo na Caatinga, uma Floresta Tropical Seca localizada na região Nordeste do país (Bezerra *et al.*, 2013).

Opuntia ficus-indica, popularmente conhecida como palma-forrageira, é considerada a planta mais explorada e distribuída nas regiões áridas e semiáridas do mundo (Leite, 2006). O Brasil apresenta a maior área de cultivo da palma-forrageira, sendo a região Nordeste responsável por uma área de aproximadamente 550 mil hectares (EMBRAPA, 2011), distribuídos, especialmente, no agreste e sertão dos estados de Alagoas e Pernambuco (Leite, 2006). Devido às suas características morfofisiológicas que conferem adaptação a regiões áridas e semiáridas (Silva *et al.*, 2012), a palma-forrageira tornou-se um alimento alternativo e de grande relevância no Nordeste brasileiro, sendo utilizada principalmente na pecuária, combatendo fome e desnutrição dos animais durante longas estiagens (Nunes, 2011).

A palma-forrageira vem sofrendo intenso ataque do inseto *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896) (Hemiptera: Dactylopiidae), popularmente chamado de cochonilha-do-

carmim, conhecido mundialmente pela capacidade de produzir um líquido vermelho, o ácido carmínico, bastante utilizado como matéria prima na produção de corantes (Santos *et al.*, 2006; Spodek *et al.*, 2014). Atualmente, a cochonilha-do-carmim é considerada a principal praga da palma-forrageira nos estados de Pernambuco, Paraíba e Ceará (EMBRAPA, 2001; CULTIVAR, 2013). Devido à grande capacidade de proliferação e disseminação, *D. opuntiae* pode causar danos severos e irreversíveis à palma-forrageira, com consequências socioeconômicas graves em comunidades agrícolas que dependem da planta como suporte alimentar alternativo ao rebanho durante a estiagem (Lopes, 2007; Chiacchio, 2008).

Este estudo teve como objetivo conhecer a composição endofítica fúngica de *O. ficus-indica* (palma-forrageira) cultivada em área de Caatinga e verificar se a infestação pelo inseto *D. opuntiae* (cochonilha-do-carmim) influencia a comunidade de fungos endofíticos.

MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal

Quatro cladódios (raquete) de *O. ficus-indica* sadios e quatro cladódios infestados por *D. opuntiae* foram coletados de diferentes indivíduos em ambiente de Caatinga, durante a estação seca, no Sítio Curral Velho, Município de Itaíba, localizado na região de transição entre o agreste e o sertão do Estado de Pernambuco, região Nordeste do Brasil (09°06'41", 37°07'23") (Figura 1).

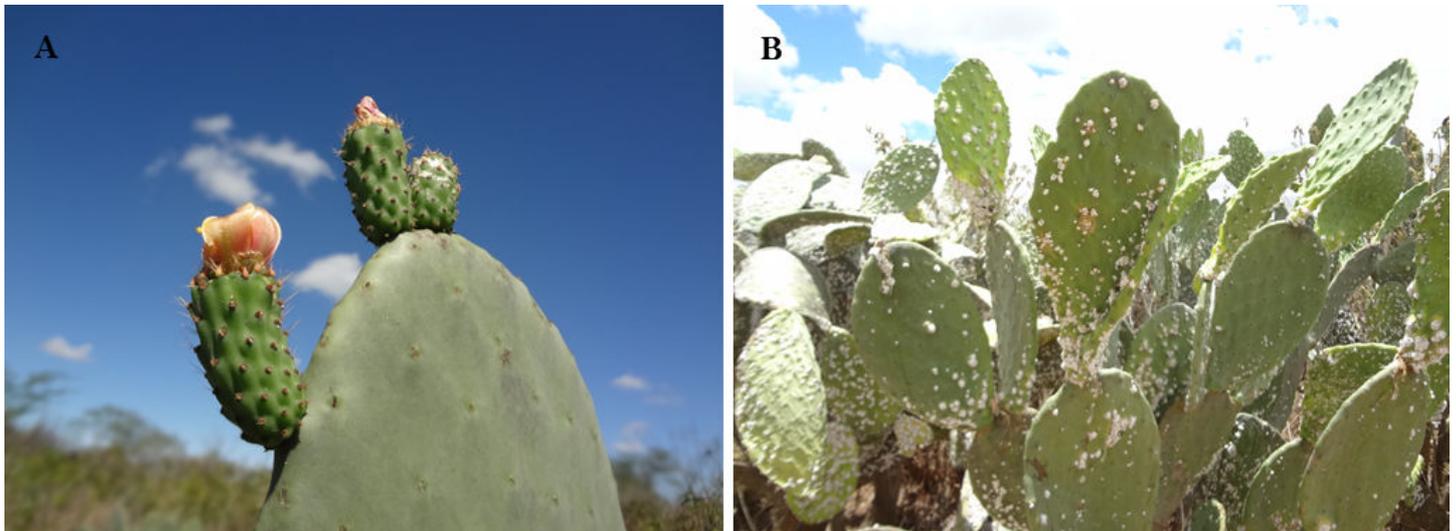


FIGURA 1. *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae) (A) sadia e (B) infestada por *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896) (Hemiptera: Dactylopiidae), cultivada em área de Caatinga do Município de Itaíba, Estado de Pernambuco, região Nordeste do Brasil.

Isolamento de fungos endofíticos

O material botânico coletado foi desinfestado para o processamento no prazo de até 48 horas, seguindo as recomendações de Bezerra *et al.* (2012a). Os cladódios foram

lavados em água corrente com detergente neutro e, em seguida, retiradas partes da região central para assepsia em álcool 70% (1min), hipoclorito de sódio (2,5-3% de cloro ativo) (3 min), álcool 70% (1 min) e três vezes em água destilada esterilizada (1min). Após a desinfestação superficial, foram utilizados 25

fragmentos de cada raquete com aproximadamente 1 cm², transferidos para placas de Petri (5 fragmentos por placa), contendo meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA) suplementado com antibiótico e incubados à temperatura de 28 ± 2°C.

Para avaliar a eficácia da desinfestação, alíquotas de 1 mL da última água de lavagem foram inoculadas em placa de Petri contendo o mesmo meio de cultura e incubadas sob as mesmas condições. Para os cladódios colonizados pela cochonilha-do-carmim, as colônias dos insetos foram retiradas para facilitar o processo de assepsia do material vegetal.

Identificação de fungos endofíticos

Os fungos isolados foram purificados e mantidos em tubos de ensaio contendo meio de cultura BDA, para identificação pela equipe da Micoteca URM (WCDM 604) da Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. Para identificação morfológica foram observados os aspectos macro e micro morfológicos, utilizando metodologia e literaturas especializadas (Ellis, 1971; Sutton, 1980; Samson e Frisvad, 2004; Leslie e Summerell, 2006; Domsch *et al.*, 2007).

Frequências de fungos endofíticos

Foram calculadas as frequências absoluta e relativa dos fungos isolados, sendo a frequência absoluta expressa pelo número de vezes que cada fungo foi isolado dos fragmentos e a frequência relativa, a razão entre a frequência de cada endófito e o total de isolados. Esse número foi dividido pelo número total de fungos encontrados (Larran *et al.*, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total, foram recuperados 90 fungos endofíticos pertencentes a 12 gêneros, sendo 44 endófitos isolados da palma forrageira infestada pela cochonilha-do-carmim e 46 da palma forrageira sadia. A frequência de colonização entre os dois tecidos estudados mostrou-se semelhante, contudo, houve diferença no número de gêneros fúngicos isolados de cada tecido vegetal (**Tabelas 1 e 2**). Douanla-Meli *et al.* (2013), estudando a diversidade de fungos endofíticos em 360 folhas saudáveis e 120 amareladas de *Citrus x limon* (L.) Osbeck (Rutaceae), verificaram que a composição endofítica fúngica variou entre os dois tipos de folhas, sendo maior nas folhas amareladas, enquanto a riqueza de espécies das folhas sadias mostrou-se maior.

Fungos endofíticos são um componente fundamental na associação com o hospedeiro, podendo contribuir na proteção da planta contra fatores bióticos e abióticos (Clay e Schardl, 2002). No presente estudo, o maior número de isolados foi agrupado como mycelia sterilia e os demais fungos endofíticos são pertencentes a gêneros com espécies já relatadas como endófitos (**Tabela 1**). Fungos não esporulantes em cultura foram isolados em número elevado nos trabalhos desenvolvidos em regiões tropicais (Lodge *et al.*, 1996; Brown, 1998; Photita

et al., 2001), o que pode acontecer devido a dificuldade de adaptação de alguns fungos às condições artificiais que eles são submetidos (Guo *et al.*, 2000; Bezerra *et al.*, 2012a, 2012b, 2013; Sun *et al.*, 2012). Endófitos não esporulantes em meio artificial têm sido um campo para estudos de outras técnicas para identificação, tais como as de biologia molecular (Naik, 2009; Gou *et al.*, 2000).

TABELA 1. Frequências absoluta (f) e relativa (f_r) de fungos endofíticos isolados de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae) infestada por *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896) (Hemiptera: Dactylopiidae).

Fungo endofítico	f	f _r (%)
<i>Acremonium curvulum</i> W. Gams	1	2,4
<i>Aspergillus fumigatus</i> Fresen.	1	2,4
<i>Chrysonilia sitophila</i> (Mont.) Arx	2	4,5
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) G.A. de Vries	1	2,4
<i>Fusarium lateritium</i> Nees	1	2,4
<i>Penicillium funiculosum</i> Thom	2	4,5
<i>Phoma</i> sp.	1	2,4
<i>Mycelia sterilia</i>	35	79
Total	44	100

Micro-organismos endofíticos têm sido encontrados em uma grande diversidade de ambientes quando isolados de plantas de florestas tropicais (Strobel, 2003), boreais (Higgins *et al.*, 2007), ambientes árticos (Fisher *et al.*, 1995; Rosa *et al.*, 2009) e desérticos (Suryanarayanan *et al.*, 2005). Além de poder atuar como agentes controladores de micro-organismos fitopatogênicos e proteger a planta contra o ataque de herbívoros (Peixoto-Neto *et al.*, 2002). Por exemplo, Clay *et al.* (1985) estudando o efeito do fungo endofítico *Balansia cyperi* Edgerton, observaram que a gramínea *Cyperus virens* Michx. (Cyperaceae) colonizada pelo endófito era mais resistente ao ataque de larvas do que a planta não colonizada.

Entre os isolados obtidos dos tecidos sadios de palma-forrageira, *Chrysonilia sitophila* (Mont.) Arx apresentou maior frequência, seguido de mycelia sterilia, *Cladosporium* sp. e *Penicillium* sp. (**Tabela 2**).

TABELA 2. Frequências absoluta (f) e relativa (f_r) de fungos endofíticos isolados de tecidos sadios *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae).

Fungo endofítico	f	f _r (%)
<i>Chrysonilia sitophila</i> (Mont.) Arx	19	41,3
<i>Cladosporium</i> sp.	5	10,8
<i>Cunninghamella</i> sp.	1	2,3
<i>Curvularia</i> sp.	2	4,3
<i>Fusarium oxysporum</i> Schltdl.	2	4,3
<i>Mucor</i> sp.	2	4,3
<i>Penicillium citrinum</i> Thom	2	4,3
<i>Penicillium janthinellum</i> Biourge	1	2,2
<i>Phialophora repens</i> (R.W. Davidson) Conant	1	2,2
<i>Phoma</i> sp.	1	2,2
<i>Rhinocladiella</i> sp.	1	2,2
<i>Mycelia sterilia</i>	9	19,6
Total	46	100

Segundo Srivastava e Thakre (2000), algumas espécies do gênero *Chrysonilia* são capazes de produzir metabólitos com atividade antibiótica. Apesar de *C. sitophila* ser citada na literatura como fitopatogênica, saprófita (Auer e Junior, 2002; Strapasson *et al.*, 2002) e contaminante do ambiente (Souza e Farias, 2013), esse fungo foi isolado dos tecidos saudios de *O. ficus-indica*. O mesmo fato foi verificado em estudo realizado por Bezerra *et al.* (2013), quando isolaram esse mesmo fungo de fragmentos do cacto colunar *C. jamacaru* subsp. *jamacaru* crescendo na Caatinga.

Cladosporium foi outro gênero com maior frequência em palma-forrageira sadia e infestada pela cochonilha-do-carmim. Comparando com os resultados obtidos por Suryanarayanan *et al.* (2005), em estudo realizado com cactos do Arizona, os autores também obtiveram isolados de *Cladosporium* como fungo endofítico. Resultados semelhantes foram verificados por Bezerra *et al.* (2012a, 2012b, 2013) ao estudarem fungos endofíticos de outros cactos. Esse gênero também é relatado como endófito em outras espécies vegetais,

sendo encontrados em frutos de cafeeiros saudios (Pereira *et al.*, 2005) e em acículas de árvores jovens de *Pinus taeda* L. (Pinaceae) (Pimentel *et al.*, 2010).

No presente estudo, *Aspergillus* sp. e *Acremonium curvulum* W. Gams foram encontrados unicamente na palma-forrageira infestada com a cochonilha-do-carmim e *Curvularia* sp., *Phialophora repens* (R.W. Davidson) Conant, *Rhinochadiella* sp., *Mucor* sp. e *Cunninghamella* sp. foram isolados somente de tecidos saudios de palma-forrageira (**Tabelas 1 e 2 e Figura 2**). Santos *et al.* (2003), isolando fungos endofíticos de tecidos saudios de *Melia azedarach* L. (Meliaceae) também encontraram *Penicillium* e *Aspergillus* como um dos gêneros mais frequentes. Segundo Schulthess e Faeth (1998), esses fungos são cosmopolitas e geralmente epifíticos, mas podem ocorrer como endófitos. Semelhante ao presente estudo, Bezerra *et al.* (2012a) também isolaram espécies do gênero *Cladosporium* e *Acremonium* como endofíticos da palma forrageira e *Aspergillus*, *Penicillium* e *Curvularia* de *C. jamacaru* subsp. *jamacaru* (Bezerra *et al.*, 2013).

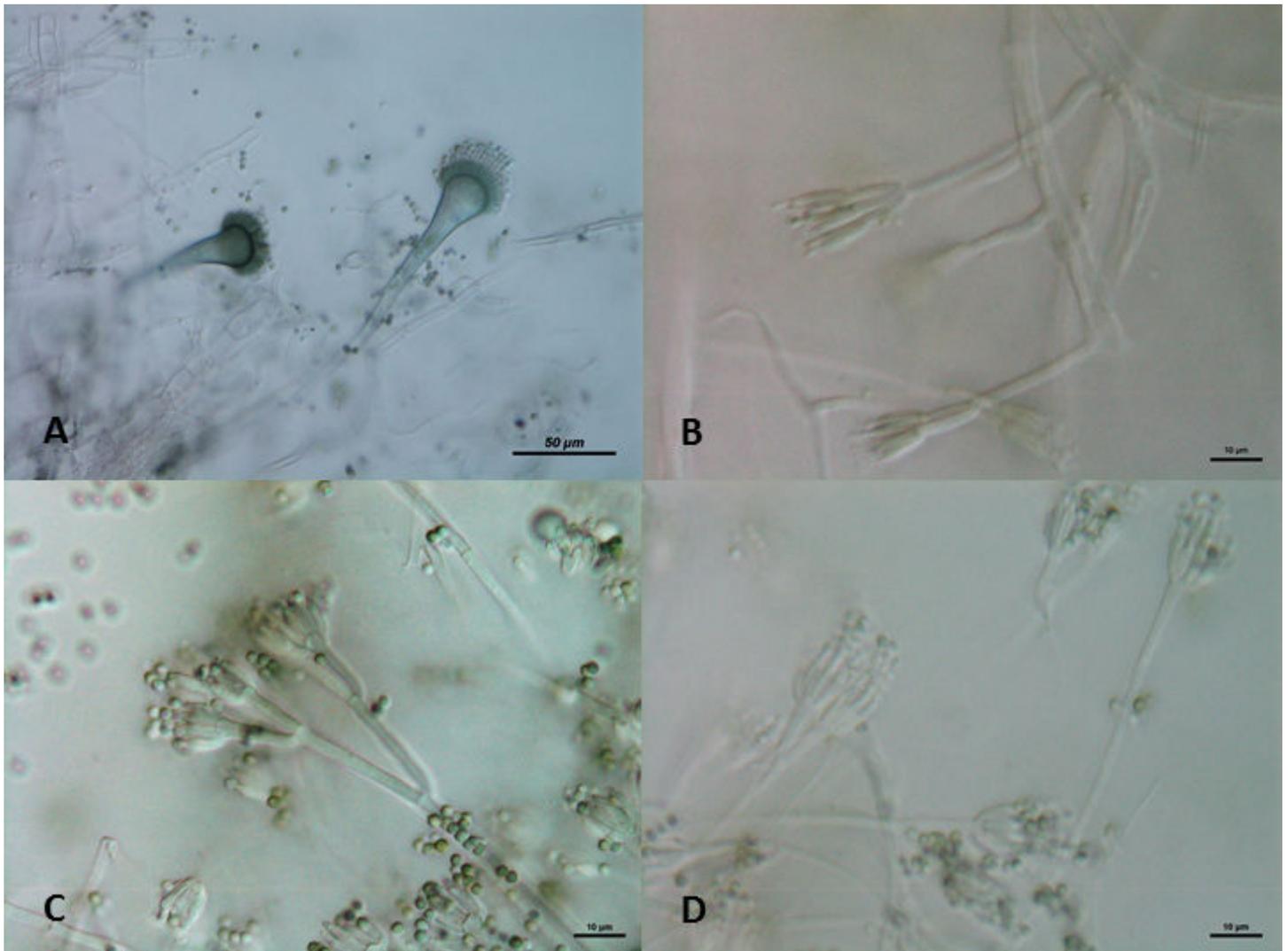


FIGURA 2. Fungos endofíticos isolados de tecidos saudios de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae) e de tecidos infestados por *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896) (Hemiptera: Dactylopiidae). (A) *Aspergillus fumigatus* Fresen., (B) *Penicillium funiculosum* Thom, (C) *Penicillium citrinum* Thom, (D) *Penicillium janthinellum* Biourge.

As espécies de fungos mais isoladas como endofíticas são, frequentemente, pertencentes aos ascomycetes, e espécies de basidiomycetes e Mucoromycotina [zygomycetes] representam um número bem menor de isolados (Schulz e Boyle, 2005). Em *Dactylis glomerata* L. (Poaceae), uma espécie de gramínea, Sánchez Márquez (2009) isolou espécies de *Cunninghamella* como endófito. Huang *et al.* (2001) isolaram *Mucor* sp. como fungo endofítico da planta medicinal *Taxus maire*, e em estudo de Zhao *et al.* (2010), o gênero foi isolado como possível produtor de metabólitos secundários. Strapasson *et al.* (2002) isolaram como fungo endofítico e rizosférico em sementes de *Piptadenia paniculata* Benth. (Fabaceae).

Apesar de alguns endófitos terem sido isolados somente uma ou duas vezes, os gêneros *Phialophora*, *Phoma* e *Rhinochadiella* foram recuperados e são considerados achados raros. Analisando fungos endofíticos de *Taxus wallachiana* Zucc. (Taxaceae), Yang *et al.* (1994) relataram *Phoma* sp. como um endófito mutualista que obtém nutrientes e proteção da planta, enquanto é capaz de produzir um composto antibiótico, o altersolanol, que confere proteção ao seu hospedeiro contra infecções bacterianas. Espécies de *Phialophora* são relatadas como endófito de *Pinus ponderosa* Douglas ex C. Lawson (Pinaceae) (Hoff *et al.*, 2004) e de *P. taeda* (Pimentel *et al.*, 2010). *Rhinochadiella* é comumente encontrado como saprófito em troncos de árvores, e também foi isolado como endófito produtor de metabólitos bioativos da planta medicinal *Tripterygium wilfordii* Hook.f. (Celastraceae) (Wagenaar *et al.*, 2000).

Espécies de *Fusarium*, também isoladas nesse estudo, são de grande importância, pois são cosmopolitas e causam danos em grande parte de espécies vegetais (Granata, 2001), inclusive em cactos (Bonfim *et al.*, 2013). No Nordeste, principalmente nos estados de Pernambuco e Alagoas, Santos *et al.*, (2006) relataram *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. como fitopatogênico da palma-forrageira, que causa podridão das raízes e das raquetes com consequente murcha e queda dos cladódios. Da mesma forma, Souza *et al.* (2010), em trabalho realizado no semiárido paraibano, isolaram *F. solani* como causador de doenças na palma-forrageira. No México, também houve registros de infecções causadas por espécies de *Fusarium* em *Opuntia* (Granata, 2001; Flores-Flores *et al.*, 2013).

CONCLUSÃO

Recentes estudos tem demonstrado a riqueza de fungos endofíticos associados às plantas de ambientes secos, estimulando a prospecção desses micro-organismos com vegetais típicos de habitats áridos e semiáridos. Os estudos de endófitos associados aos cactos têm demonstrado uma marcante presença de fungos não esporulantes em meios de cultura. Plantas com sintomas de amarelamento, doenças ou colonização de insetos necessitam ser verificadas quanto a sua comunidade de fungos endofíticos para entendimento das relações ecológicas entre as plantas e os fungos. Neste estudo, a frequência de fungos endofíticos entre os cactos avaliados foi semelhante, já a

riqueza de endófitos foi maior na palma forrageira sadia. Os resultados obtidos sugerem a necessidade de maiores estudos da composição endofítica fúngica de *O. ficus-indica* infestada pelo inseto *D. opuntiae*. Novos estudos de verificação da comunidade de endófitos em cactos cultivados e nativos são necessários para melhor entendimento da contribuição desses micro-organismos na permanência das plantas nas áreas agriculturáveis e naturais da Caatinga.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) e a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) pelo auxílio financeiro. Estendemos nossos agradecimentos aos estudantes do Laboratório de Citologia e Genética de Fungos, Departamento de Micologia/UFPE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arnold AE, Maynard Z, Gilbert GS, Coley PD, Kursar TA. 2000. Are Tropical Endophytes Fungi Hyperdiverse? **Ecology Letters**, 3: 267-274.
- Azevedo JL, Maccheroni Jjr, Pereira, O, Araújo WL. 2000. Endophytic microorganisms: a review on insect control and recent advances on tropical plants. **Electronic Journal of Biotechnology**, 3(1): 40-65.
- Auer CG, Junior AG. 2002. Associação de fungos com *Ilex* spp. **Boletim de Pesquisa Florestal**, 45: 109-124.
- Bezerra JDP, Santos MGS, Svedese VM, Lima DMM, Fernandes MJS, Paiva LM, Souza-Motta CM. 2012a. Richness of endophytic fungi isolated from *Opuntia ficus-indica* Mill. (Cactaceae) and preliminary screening for enzyme production. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, 28: 1989-1995.
- Bezerra JDP, Lopes DHG, Santos MGS, Svedese VM, Paiva LM, Almeida-Cortez JS, Souza-Motta CM. 2012b. Riqueza de micro-organismos endofíticos em espécies da família Cactaceae. **Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas**, 9: 19-23.
- Bezerra JDP, Santos MGS, Barbosa RN, Svedese VM. 2013. Fungal endophytes from cactus *Cereus jamacaru* in Brazilian tropical dry forest: a first study. **Symbiosis**, 60: 53-63.
- Bezerra JDP, Nascimento CCF, Barbosa RN, Silva DCV, Svedese VM, Silva-Nogueira EB, Gomes BS, Paiva LM, Souza-Motta CM. 2015 Endophytic fungi from medicinal plant *Bauhinia forficata*: Diversity and biotechnological potential. **Brazilian Journal of Microbiology**, doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-838246120130657>.
- Bonfim AGJ, Albuquerque GMR, Bezerra JDP, Silva DCV, Svedese VM, Paiva LM, Souza-Motta CM. 2013. Fungos fitopatogênicos de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. cultivada em área de floresta tropical seca no Brasil. **Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas**, 10(2): 27-33.
- Brown KB, Hyde KD, Guest DI. 1998. Preliminary studies on endophytic fungal communities of *Musa acuminata* species complex in Hong Kong and Australia. **Fungal Diversity**, 1: 27-51.

- Cafêu MC, Silva GH, Teles HL, Bolzani VS, Araújo AR, Young MCM, Pfenning LH. 2005. Substâncias antifúngicas de *Xylaria* sp., um fungo endofítico isolado de *Palicourea marcgravii* (Rubiaceae). **Química Nova**, 28(6): 991-995.
- Chandra S. 2012. Endophytic fungi: novel sources of anticancer lead molecules. **Applied Microbiology and Biotechnology**, 95: 47-59.
- Chiacchio FPB. 2008. Incidência da cochonilha do carmim em palma forrageira. **Bahia Agrícola**, 8(2): 12-14.
- Clay K, Hardy TN, Jr. Hammond AM. 1985. Fungal endophytes of *Cyperus* and their effect on an insect herbivore. **American Journal of Botany**, 72(8): 1284-1289.
- Clay K, Schardl C. 2002. Evolutionary origins and ecological consequences of endophyte symbiosis with grasses. **The American Naturalist**, 160: S99-S127.
- CULTIVAR. 2013. **Defensivo contra a cochonilha do carmim chega à Paraíba**. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/site/content/noticias/?q=33295>
- Domsch KH, Gams W, Anderson TH. 2007. **Compendium of soil fungi**. Eching: IHW-189 Verlag, p. 672.
- Douanla-Meli C, Langer E, Talontsi Mouafo F. 2013. Fungal endophyte diversity and community patterns in healthy and yellowing leaves of *Citrus limon*. **Fungal Ecology**, 6: 212-222.
- Ellis MB. 1971. **Dematiaceus Hyphomycetes**. Commonwealth Mycological Institute, p. 608.
- EMBRAPA. 2011. **Controle da cochonilha-do-carmim em cultivos de palma forrageira**. Disponível em: <http://hotsites.sct.embrapa.br/diacampo/programacao/2011/control-da-cochonilha-do-carmim-em-cultivos-de-palma-forrageira>
- Fernandes MRV, Silva TAC, Pfenning LH, Costa-Neto CM, Heinrich TA, Alencar SM, Lima MA, Ikegaki M. 2009. Biological activities of the fermentation extract of the endophytic fungus *Alternaria alternata* isolated from *Coffea arabica* L. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, 45(4): 677-685.
- Fisher PJ, Sutton BC, Petrini LE, Petrini O. 1994. Fungal endophytes from *Opuntia stricta*: a first report. **Nova Hedwigia**, 59:195-200.
- Fisher PJ, Graf F, Petrini LE, Sutton BC, Wookey PA. 1995. Fungal endophytes of *Dryas octopetala* from a high arctic semidesert and from the Swiss alps. **Mycologia**, 87: 319-323.
- Flores-Valdez CA, Gallegos-Vázquez CG. 1993. **Situación y perspectivas de la producción de tuna en la Región Centro-Norte de México**, CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Flores-Flores R, Velázquez-del Valle M, León-Rodríguez R, Flores-Moctezuma H, Hernández-Lauzardo A. 2013. Identification of fungal species associated with cladode spot of prickly pear and their sensitivity to chitosan. **Journal of Phytopathology**, 161(7-8): 544-552.
- Granata G. 2001. Doenças bióticas e abióticas. In: **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. João Pessoa: SEBRAE/PB, p. 112.
- Guo LD, Hyde KD, Liew ECY. 2001. Identification of endophytic fungi from *Livistona chinensis* based on morphology and rDNA sequences. **New Phytologist**, 147: 617-630.
- Higgins KL, Arnold AE, Miadlikowska J, Sarvate SD, Lutzoni F. 2007. Phylogenetic relationships, host affinity, and geographic structure of boreal and arctic endophytes from three major plant lineages. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, 42: 543-555.
- Hoff A, Klopfenstein NB, McDonald GI, Tonn JR, Kim MS, Zambino PJ, Hessburg PF, Rogers JD, Peever TL, Carris LM. 2004. Fungal endophytes in woody roots of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) and ponderosa pine (*Pinus ponderosa*). **Forest Pathology**, 34: 255-271.
- Huang Y, Wang J, Li G, Zheng Z, Su W. 2001. Antitumor and antifungal activities in endophytic fungi isolated from pharmaceutical plants *Taxus mairei*, *Cephalotaxus fortunei* and *Torreya grandis*. **FEMS Immunology and Medical Microbiology**, 31: 163-167.
- Larran S, Perelló A, Simón MR, Moreno V. 2002. Isolation and analysis of endophytic microorganisms in wheat (*Triticum aestivum* L.) leaves. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, 18: 683-686.
- Leite MLV. 2006. **Palma Forrageira (Opuntia ficus indica e Nopalea cochenilifera)**. Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Centro de Ciências Agrárias – CCA, Grupo de Pesquisa Lavoura Xerófila – GPLX, Areia, PB.
- Leslie J, Summerell BA. 2006. **The Fusarium Laboratory Manual**. Iowa: Blackwell Publishing, p. 388.
- Lopes EB. 2007. **Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semi-árido nordestino**. João Pessoa: EMEPA/FAEPA, 130 p.
- Lodge DJ, Fisher PJ, Sutton BC. 1996. Endophytic fungi of *Manilkara bidentata* leaves in Puerto Rico. **Mycologia**, 88(5): 733-738.
- Nunes CS. 2011. Usos e aplicações da palma forrageira como uma grande fonte de economia para o semiárido nordestino. **Revista Verde**, 6(1): 58-66.
- Naik BS. 2009. Taxonomic placement for mycelia sterilia in endophytic fungal research: a molecular approach. **Current Science**, 97(9): 1276-1277.
- Peixoto-Neto PAS, Azevedo JL, Araújo WL. 2002. Microorganismos endofíticos: interação com plantas e potencial biotecnológico. **Biotechnologia Ciência e Desenvolvimento**, 29: 62-76.
- Pereira RTG, Pfenning LH, Castro HA. 2005. Caracterização e dinâmica de colonização de *Cladosporium cladosporioides* (Fresen.) de vries em frutos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, 29(6): 1112-1116.
- Photita W, Lumyong S, Lumyong P, Hyde K. 2001. Endophytic fungi of wild banana (*Musa acuminata*) at Doi Suthep Pui National Park, Thailand. **Mycological Research**, 105(12): 1508-1513.
- Pimentel IC, Figura G, Auer CG. 2010. Fungos endofíticos associados a acículas de *Pinus taeda*. **Summa Phytopathologica**, 36(1): 85-88.
- Rosa LH, Vaz ABM, Caligiorne RB, Campolina S, Rosa CA. 2010. Endophytic fungi associated with the antarctic grass *Deschampsia antarctica* desv. (Poaceae). **Polar Biology**, 32: 161-167.
- Samson RA, Frisvad JC. 2004. *Penicillium* Subgenus *Penicillium*: New Taxonomic Schemes, Mycotoxins and Other Extrolites. **Studies in Micology**, 49: 1-260.
- Sánchez Márquez MS. 2009. Estudio de la microbiota endofítica asociada a las gramíneas *Dactylis glomerata*, *Holcus lanatus*, *Ammophila arenaria* y *Elymus farctus*. **Universidad de Salamanca**, Facultad de Biología. Departamento de Microbiología y Genética.

- Santos RMG, Rodrigues-Fo E, Rocha WC, Teixeira MFS. 2003. Endophytic fungi from *Melia azedarach*. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, 19: 767-770.
- Santos DC, Farias I, Lira MA, Santos M VF, Arruda GP, Coelho RSB, Dias FM, Melo JN. 2006. **Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) em Pernambuco**. Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária-IPA, Documentos 30.
- Schulthess FM, Faeth SH. 1998. Distribution, abundances, and associations of the endophytic fungal community of Arizona fescue (*Festuca arizonica*). **Mycologia**, 90: 569-578.
- Schulz B, Boyle C. 2005. The endophytic continuum. **Mycological Research**, 109: 661-686.
- Silva JA, Bonomo P, Donato SLR, Pires AJB, Rosa RCC, Donato PER. 2012. Composição mineral em cladódios de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubações químicas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 7: 866-875.
- Silva-Hughes AF, Wedge DE, Cantrell CL, Carvalho CR, Pan Z, Moraes RM, Madoxx VL, Rosa LH. 2015. Diversity and antifungal activity of the endophytic fungi associated with the native medicinal cactus *Opuntia humifusa* (Cactaceae) from the United States. **Microbiological Research**, 175: 67-77.
- Siqueira VM, Conti R, Araújo JM, Souza-Motta CM. 2011. Endophytic fungi from the medicinal plant *Lippia sidoides* Cham. and their antimicrobial activity. **Symbiosis**, 53: 89-95.
- Souza AEF, Nascimento LC, Araújo E, Lopes EB, Souto FM. 2010. Ocorrência e identificação dos agentes etiológicos de doenças em palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) no semiárido paraibano. **Revista Biotemas**, 23(3): 11-20.
- Souza AEF, Farias MAA. 2013. Fungos contaminantes de ambientes compartilhados por acadêmicos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB. **Revista Brasileira de Biologia e Farmácia**, 9(1): 59-64.
- Spodek IM, Ben-Dov Y, Protasov A, Carvalho CJ, Mendel Z. 2014. First record of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Coccoidea: Dactylopiidae). **Phytoparasitica**, 42: 377-379.
- Srivastava VK, Thakre RP. 2000. Synergism and antagonism among the fungi grown in honeydew secretion on leaf surface of Nagpur mandarin. **Indian Phytopathology**, 53: 193-196.
- Strapasson M, Santos AF, Medeiros ACS. 2002. Fungos associados às sementes de Angico (*Piptadenia paniculata*). **Boletim de Pesquisa Florestal**, 45: 137-141.
- Strobel G, Daisy B. 2003. Bioprospecting for microbial endophytes and their natural products. **Microbiol. Microbiology and Molecular Biology Reviews**, 67: 491-502.
- Sun Y, Wang Q, Lu X, Okane I, Kakishima M. 2012. Endophytic fungal community in stems and leaves of plants from desert areas in China. **Mycological Progress**, 11: 781-790.
- Suryanarayanan TS, Wittlinger SK, Faeth SH. 2005. Endophytic fungi associated with cacti in Arizona. **Mycological Research**, 109(5): 635-639.
- Sutton BC. 1980. **The Coelomycetes: fungi imperfecti with pycnidia, acervuli and stromata**. Commonwealth Mycological Institute, Kew.
- Untersehner M, Petzold A, Schmittler M. 2012. Xerotolerant foliar endophytic fungi of *Populus euphratica* from the Tarim River basin, Central China are conspecific to endophytic ITS phylotypes of *Populus tremula* from temperate Europe. **Fungal Diversity**, 54: 133-142.
- Wagenaar M, Corwin J, Strobel GA, Clardy J. 2000. Three new chytochalasins produced by an endophytic fungus in the genus *Rhinochadiella*. **Journal of Natural Products**, 63: 1692-1695.
- Wang Y, Dai CC. 2011. Endophytes: a potential resource for biosynthesis, biotransformation, and biodegradation. **Annals of Microbiology**, 61: 207-215.
- Yang XG, Strobel A, Stieue W, Hess M, Lee J, Clardy J. 1994. A fungal endophyte-tree relationship: *Phoma* sp. in *Taxus wallachiana*. **Plant Science**, 102: 1-9.
- Zhao J, Zhou L, Wang J, Shan T, Zhong L, Liu X, Gao X. 2010. Endophytic fungi for producing bioactive compounds originally from their host plants. In: Vilas MA (Eds.). **Current research, technology and education topics in applied microbiology and microbial biotechnology**. Spain: Formatex, p. 567-576.