POTENCIAL PATOGENICO DE ESPÉCIES DO COMPLEXO *Pythium* (OOMYCOTA) PARA A AGRICULTURA FAMILIAR NO ESTADO DO PIAUÍ

Tamyres Lopes Rios¹

José de Ribamar de Sousa Rocha²

Recebido em 02.06.2017; Aceito 18.09.2017

ABSTRACT

This paper aimed to relate the species of the *Pythium* Complex (*Pythium*, *Phytopythium* and *Globisporangium*) registered to Piauí State using the accesses deposited in the Collection of Culture of Zoosporic Organisms of the Federal University of Piauí and, through the specialized literature, highlight its pathogenic potential in family farming. The collection is a repository of 13 species of Complex *Pythium*, where the species with the most known pathogenic potential is *Py. aphanidermatum*, which stands out for its aggressiveness. The occurrence information of these pathogens is important in the management of susceptible agricultural crops in order to minimize or eliminate production losses.

Keywords: fungal diversity, agricultural management, phytopathogenicity.

RESUMO

Este artigo objetivou relacionar as espécies do Complexo *Pythium* (*Pythium*, *Phytopythium* e *Globisporangium*) registradas para o estado do Piauí utilizando os acessos depositados na Coleção de Cultura de Organismos Zoospóricos da Universidade Federal do Piauí e, através da literatura especializada, destacar o seu potencial patogênico na agricultura familiar. A coleção é repositório de 13 espécies do Complexo *Pythium*, onde a espécie com potencial patogênico mais conhecido é *Py. aphanidermatum*, que se destaca por sua agressividade. A informação de ocorrência desses patógenos é importante no manejo de culturas agrícolas suscetíveis a fim de minimizar ou eliminar perdas na produção.

Palavras-chave: diversidade de fungos, manejo agrícola, fitopatogenicidade.

INTRODUÇÃO

Organismos zoospóricos referem-se a organismos com esporos flagelados, e que estão distribuídos em três reinos: Fungi, constituído pelos filos Chytridiomycota, Blastocladiomycota e Neocallimastigomycota. O Chromista (Straminipila *pro parte*) com os filos Labyrinthulomycota, Oomycota e Hyphochytridiomycota e o Protozoa, com o filo Plasmodiophoromycota (Kirk *et al.*, 2008).

Representantes de Oomycota apresentam talo holocárpico ou eucárpico, micelial e cenocítico. A reprodução assexuada, na maioria das espécies, ocorre através dos zoósporos produzidos por zoosporângios. A reprodução sexuada pode ser por oogamia,

1 Estagiária do Programa Institucional de Iniciação Científica Voluntária (ICV), Universidade Federal do Piauí (UFPI), Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, Curso de Ciências Biológicas, SG 1- Bairro Ininga, Cep: 64049-550- Teresina-PI- Brasil- Email: tamyresrios1@hotmail.com

2 Professor Dr. da Universidade Federal do Piauí, Campus Ministro Petrônio Portella, CCN, Departamento de Biologia, SG1- Bairro Ininga, Cep: 64049-550- Teresina-PI- Brasil- Email: ribamar10@hotmail.com

ocorrendo pelo contato dos gametângios masculinos e femininos, por copulação de gametângios ou por partenogênese. Oomicetos são habitantes frequentes de água doce e/ou solo, e eventualmente de águas marinhas, nas quais ocorrem como sapróbios; no entanto entre seus representantes também estão parasitas importantes (Plaats-Niterink, 1981; Moore-Landecker, 1996; Alexopoulos *et al.*, 1996; Bala *et al.*, 2010a, 2010b).

Dentre os oomicetos, *Pythium* Pringsheim apresenta-se como um dos gêneros de maior relevância devido ao alto potencial patogênico de muitas das suas espécies em plantas de interesse econômico. Segundo Trigiano *et al.* (2004), as espécies *Py. ultimum* Trow, *Py. aphanidermatum* (Edson) Fitzp, *Py. irregulare* Buisman e *Py. myriotylum* Drechsler são considerados os mais importantes fitopatógenos.

O estudo filogenético de espécies e variedades de *Pythium* realizado por Lévesque & De Cock (2004), através da análise da região ITS do DNA ribossomal nuclear, possibilitou o agrupamento de *Pythium* em 11 clados, habilitando reclassificação do gênero com redistribuição em novos grupos taxonômicos (Villa *et al.*, 2006; Robideau *et al.*, 2011; Bala *et al.*, 2010a, 2010b; De Cock *et al.*, 2015).

O gênero *Pythium* (s.str.) foi reclassificado por Uzuhashi *et al.* (2010). Além de manter o próprio gênero *Pythium* (s. lato), quatro novos gêneros foram derivados: *Elongasporangium*, *Globisporangium*, *Ovatisporangium* e *Pilasporangium*. O gênero *Phytopythium* foi segregado de *Pythium* por Bala *et al.* (2010a).

Espécies de *Pythium* são relativamente pouco conhecidas no Brasil (Maia & Carvalho, 2015). O Piauí, em nível nacional, é o terceiro estado com maior número de citações destes gêneros para o país (Rocha *et al.*, 2014; Flora do Brasil 2020 em construção, 2017). Novos registros de *Pythium* para o Brasil foram relatados, elevando para 46 o número de espécies ocorrentes no país (Gonçalves *et al.*, 2016a, 2016b).

As espécies de *Pythium* apresentam hábitos aquáticos, terrestres e sapróbios, sendo a maioria cosmopolita (Hawksworth *et al.*, 1995). Na condição de sapróbios, são capazes de se desenvolver em condições adversas para o crescimento de outros organismos, assim como também são capazes de colonizar e germinar em substratos orgânicos (Hendrix & Campbell, 1973; Agrios, 2005; Amorim *et al.*, 2011; Schroeder *et al.*, 2013). Ocorrem com mais frequência em solos cultivados, nas camadas mais superficiais, e na região das raízes (Plaats-Niterink, 1975), e com menor incidência em solos não cultivados ou ácidos (Barton, 1958; Lourd *et al.*, 1986). Encontrando-se em condições favoráveis tornam-se altamente patogênicas causando podridão em raízes, caules, frutos e em sementes em pré-emergência atacando principalmente os tecidos jovens ou aquosos (Alexopoulos *et al.*, 1996; Plaats-Niterink, 1981; Schroeder *et al.*, 2013).

A temperatura e a umidade do solo, dentre outros fatores, são influenciáveis nas perdas causadas pelo patógeno, porém, frequentemente as mudas também morrem logo que entram em contato com solos infectados (Shokes & Mccarter, 1979; Agrios, 2005; Amorim *et al.*, 2011; Schroeder *et al.*, 2013).

No Piauí, em 2015, a produção agrícola alcançou 3.059.298t, com 11,02% de incremento em relação à safra anterior. No entanto, houve uma queda de 1,34% na área colhida, onde atingiu 1.318.269 ha. Os produtos com maior destaque positivo foram soja, algodão e milho, com variação de 19,09%, 13,21% e 6,45%, respectivamente. A soja e o milho correspondem a 94,02% da produção de grãos do estado, em função das áreas cultivadas nos cerrados piauienses (Cepro, 2016). Ainda, segundo dados da CEPRO, 2016, em parceria com o IBGE, no nordeste, o Piauí se destaca por ser o segundo estado na produção de arroz, superado apenas pelo Maranhão; o terceiro estado na produção de soja e na produção de milho, atrás da Bahia e Maranhão, respectivamente; e o quarto estado na produção de feijão, superado pela Bahia, Ceará e Pernambuco.

Segundo a EMBRAPA (2015), as práticas de agricultura familiar no Brasil compreendem 80% dos estabelecimentos agrícolas, destes, 50% estão no nordeste. É

importante para a economia das pequenas cidades, pois traz benefícios agrosocioeconômicos e ambientais.

No Brasil, a produção diversificada, principalmente a de alimentos, tem sido resultado do importante papel dos agricultores familiares (Embrapa, 2016). Dada essa importância, em 2015, um plano de inovação para a agricultura familiar construído pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário - MDA foi exposto aos representantes do governo do Piauí, entidades ligadas ao campo e às instituições federais.

A produção agrícola está sujeita a perdas devido a doenças provocadas por diversos agentes, inclusive, por espécies de oomicetos. Estes podem devastar plantações inteiras causando grandes prejuízos econômicos na produção (Trigiano *et al.*, 2004). É importante a prevenção e o manejo adequado para evitar estes fitopatógenos, inclusive, na agricultura familiar que também sofre as consequências desses agentes e carece de maior atenção das autoridades competentes.

As coleções microbiológicas caracterizam-se por serem conjuntos de organismos, com função de preservar material genético fornecendo ao meio científico informações que poderão ser utilizadas em pesquisas de diversos âmbitos (Fiocruz, 2016). No Brasil, existem poucas coleções de culturas de oomicetos. A Coleção de Culturas de Organismos Zoospóricos da UFPI preserva acessos de oomicetos que apresentam interesse ambiental, industrial e científico, para fins de estudos que possam agregar mais informações em torno destes organismos ainda pouco conhecidos.

Considerando que o levantamento de espécies de *Pythium* e a correlação com culturas agrícolas suscetíveis pode ser uma informação importante no manejo agrícola, esta pesquisa objetivou relacionar potencial patogênico das espécies de *Pythium* constantes dos acessos da Coleção de Culturas de Organismos Zoospóricos da UFPI com a agricultura familiar praticada no estado do Piauí.

MATERIAL E MÉTODOS

Considerando que o gênero *Pythium* sofreu diversas reclassificações (Lévesque & De Cock, 2004; Villa *et al.*, 2006; Bala *et al.*, 2010a, 2010b; Uzuhashi *et al.*, 2010; De Cock *et al.*, 2015) e que na literatura anterior a estas reclassificações constam referências apenas a *Pythium*, neste trabalho, as espécies de *Pythium* (*Py.*), *Phytopythium* (*Phy.*) e *Globisporangium* (*Gl.*) serão referidas como Complexo *Pythium*.

A Coleção de Culturas de Organismos Zoospóricos da UFPI (CCOZ-UFPI) apresenta um acervo de 155 linhagens, com representantes dos filos Oomycota e Chytridiomycota, mantidas em temperatura de 12°C, em estufa de demanda biológica de oxigênio (BOD).

Todos os acessos do Complexo *Pythium* foram reativados e analisados quanto às características morfológicas e reclassificações filogenéticas (Plaats-Niterink, 1975, 1981; Lévesque & De Cock, 2004; Villa *et al.*, 2006; Bala *et al.*, 2010a, 2010b; Uzuhashi *et al.*, 2010; De Cock *et al.*, 2015), incrementando e atualizando as informações do banco de dados referente ao acervo. Uma pequena alíquota da cultura de cada isolado (1 ml) foi retirada e colocada em placas de Petri juntamente com substratos orgânicos, em seguida, o isolado foi cultivado em meio de cultura específico CMA (Corn Meal Agar) e replicado. Periodicamente, esse material renovado retorna para a coleção de culturas, assegurando a manutenção dos acessos na CCOZ-UFPI.

As informações sobre a ocorrência das espécies do Complexo *Pythium* no Brasil e no Piauí, o potencial patogênico e as culturas agrícolas suscetíveis foram obtidas em revisão da literatura especializada e consulta a catálogos de biodiversidade brasileira (Forzza *et al.*, 2010; Flora do Brasil 2020 em construção, 2017).

As culturas agrícolas de maior expressão praticadas no estado do Piauí, incluindo aquelas da agricultura familiar, são milho, feijão e arroz; e a soja, em escala mais

industrial (CEPRO, 2016). Assim, as espécies do Complexo *Pythium* com acessos disponíveis na CCOZ-UFPI foram correlacionadas com estas e outras culturas agrícolas de maior expressão no estado, a fim de tornar conhecido o potencial patogênico entre elas, a relação entre as espécies patogênicas e as culturas agrícolas suscetíveis. Após, foram elaboradas recomendações de manejo para orientar os produtores na escolha de culturas menos suscetíveis a espécies do Complexo *Pythium*, a fim de minimizar os prejuízos ocasionados pelas manifestações destes organismos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atualmente, a CCOZ-UFPI registra 27 acessos do Complexo *Pythium*, representadas por 13 espécies: *Globisporangium echinulatum* Matthews, *Gl. mammillatum* Meurs, *Gl. perplexum* Kouyeas & Theohari, *Gl. proliferum* (Cornu) P.M.Kirk, *Gl. ultimum* (Trow) Uzuhashi, Tojo & Kakish., *Pythopythium indigoferae* Butler, *Phy. palingenes* Drechsler, *Phy. vexans* de Bary, *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp, *Py. graminicola* Subramaniam, *Py. inflatum* Matthews, *Py. myriotylum* Drechsler e *Py. periillum* Drechsler (Tabela 1).

Segundo catálogos de biodiversidade brasileira (Forzza *et al.*, 2010; Flora do Brasil 2020 em construção, 2017), são registrados 42 espécies do Complexo *Pythium* em todo o país. Destes, o estado de São Paulo que hoje se configura como o local onde mais se concentram os estudos em torno dos organismos zoospóricos, registra 30 espécies, em seguida, Rio de Janeiro e Piauí com 13 espécies cada. Ficando atrás somente da região sudeste, o nordeste se destaca com o total de 17 representantes. Ainda de acordo com os catálogos (Forzza *et al.*, 2010; Flora do Brasil 2020 em construção, 2017), o Piauí possui um pouco mais do dobro do total de espécies registradas em Pernambuco, que lista seis, e é o segundo estado do nordeste com maior número de registros de ocorrência. Novos registros de cinco espécies de *Pythium*, em São Paulo, foram realizados por Gonçalves *et al.* (2016a, 2016b).

Neste trabalho, faz-se referência a mais três espécies de *Pythium* ocorrentes no estado do Piauí e que não constam nos catálogos de biodiversidade brasileira (Forzza *et al.*, 2010; Flora do Brasil 2020 em construção, 2017). Pereira (2008) registrou a ocorrência de *Py. aphanidermatum*, *Py. graminicola* e *Py. ultimum* var. *sporangiiiferum* (= *Gl. ultimum*) no campo agrícola de Nazária em amostras de solo. Negreiros (2008) também registrou *Py. aphanidermatum* em amostras de solo na cidade de Floriano; e Trajano (2009) registrou a mesma espécie em estudo de avaliação de resistência de pimenta a oomicetos fitopatogênicos, em hortas comunitárias de Teresina. Trindade Junior (2013) registrou *Py. graminicola* em lagoas da zona norte de Teresina; e Saraiva (2016) fez registro de *Py. ultimum* var. *Sporangiiferum* (= *Gl. ultimum*) em açudes de piscicultura em Teresina. Pereira e Rocha (2008) citam *P. indigoferae* (= *Phy. indigoferae*) e *Py. perplexum* (= *Gl. perplexum*) como novos registros para o estado.

A quantidade de táxons contidos na CCOZ-UFPI equivale a 34% do total de registros em todo o Brasil, e em relação à região nordeste esse valor sobe para 82% de todos os registros para essa região, tornando esta representatividade bastante significativa para o País (Forzza *et al.*, 2010; Flora do Brasil 2020 em construção, 2017).

POTENCIAL PATOGÊNICO DE ESPÉCIES DO COMPLEXO PYTHIUM E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA NO BRASIL

As espécies do Complexo *Pythium* relatadas no Piauí com acessos na coleção de culturas (Tabela 1), de acordo com a literatura especializada, têm como culturas agrícolas suscetíveis: abacaxi (*Ananas comosus* L.), alface (*Lactuca sativa* L.), algodão (*Gossypium hirsutum* L.), alho (*Allium sativum* L.), amendoim (*Arachis hypogaea* L.), Arroz (*Oryza* sp.), batata (*Solanum tuberosum* L.), batata-doce (*Ipomoea batatas* L.),

berinjela (*Solanum melongena* L.), beterraba (*Beta vulgaris* L.), café (*Coffea arábica* L.), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf), Cenoura (*Daucus carota* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), feijão-de-lima (*Phaseolus lunatus* L.), mamão (*Carica papaya* L.), melancia (*Citrullus lanatus* L.), melão (*Cucumis melo* L.), milho (*Zea mays* L.), morango (*Fragaria* spp), pepino (*Cucumis sativus* L.), soja (*Glycine max* Merr) e tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Tabela1). Com exceção de maçã e morango, todas as outras culturas agrícolas são praticadas no Piauí.

Os sintomas mais comuns de doenças causadas por espécies do Complexo *Pythium* são falhas na germinação, podridão de raízes e tombamento nas sementeiras (Freire Filho *et al.*, 2005). A podridão radicular precoce é uma importante causa do fraco crescimento e produtividade em muitas culturas agrícolas (Hendrix & Campbell, 1973); na fase necrotrófica as raízes apresentam diferentes tonalidades de marrom ou amarelo, tornando-se escuras de acordo com a espécie e com o hospedeiro (Sutton *et al.*, 2006) e na parte aérea ocorre murcha, diminuição da área foliar e subdesenvolvimento (Zhang & Yang, 2000).

Tais infecções nas raízes ocasionadas por esses organismos patogênicos se dão através da entrada do “patógeno nas aberturas naturais ou ferimentos causados pelo homem por meio de práticas agrícolas, via insetos e pela entrada direta do patógeno na superfície do hospedeiro através de suas próprias estruturas” (Baptista, 2007).

Globisporangium echinulatum foi relatado em morango no Japão (Plaats-Niterink, 1981). A ocorrência desse patógeno é registrada no estado de Pernambuco, São Paulo (Milanez *et al.*, 2007; Forzza *et al.*, 2010) e no Piauí, no Parque Nacional de Sete Cidades-Piracuruca (Rocha, 2002); em campo agrícola de Nazária (Pereira, 2008); na cidade de Floriano (Negreiros, 2008); em lagoas da zona norte de Teresina (Trindade Junior, 2013); no rio Poti, no perímetro urbano de Teresina (Sousa, 2015) e em açudes de piscicultura, em Teresina (Saraiva, 2016) (Tabela 1).

Globisporangium mamillatum causa tombamento e podridão de raiz em beterraba, cana-de-açúcar, alho e melancia (Plaats-Niterink, 1981; Mendes & Urben, 2016). Foi relatada no Rio de Janeiro, São Paulo (Milanez *et al.*, 2007; Forzza *et al.*, 2010) e no estado do Piauí esta espécie foi observada e identificada por Rocha (2002) no Parque Nacional de Sete Cidades- Piracuruca, Negreiros (2008) na cidade de Floriano e Pereira (2008) em Nazária (Tabela 1).

Globisporangium perplexum é parasita de pepino causando damping-off (Gallandi & Paul, 2001). A espécie é relatada apenas no Piauí (Forzza *et al.*, 2010) por Pereira (2008) no campo agrícola de Nazária e Trajano (2009) no solo de hortas comunitárias em Teresina (Tabela 1).

Globisporangium proliferum acomete plântulas de soja, tomate e batata (Plaats-Niterink, 1981). Esta espécie foi registrada em São Paulo (Milanez *et al.*, 2007; Forzza *et al.*, 2010) e no Piauí por Rocha (2002), Trajano (2009) em hortas comunitárias de Teresina, e também por Trindade Junior (2013) (Tabela 1).

Globisporangium ultimum ataca amendoim, feijão-de-lima e Batata-doce causando podridão radicular, ocorrendo também em sementes (Mendes & Urben, 2016). Está registrado no estado de Pernambuco, Distrito Federal, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo (Forzza *et al.*, 2010) e no Piauí foi registrado por Rocha (2002) no Parque Nacional de Sete Cidades-Piracuruca e Pereira (2008) em Nazária. Citado como *Pythium ultimum* var. *sporangiiferum*, foi relatado causando tombamento e podridão radicular e tissular em feijão, batata, café, melão, maçã, cana-de-açúcar e citrus (Plaats-Niterink, 1981). É registrado em São Paulo (Milanez *et al.*, 2007; Forzza *et al.*, 2010) e no Piauí, é identificada por Pereira (2008) em Nazária e em criatórios de peixes de Teresina por Saraiva (2016) (Tabela 1).

Pythopythium indigoferae, acomete abacaxi causando podridão de raiz (Andrew & Stephen, 1994). A mesma foi registrada no Rio de Janeiro (Milanez *et al.*, 2007; Forzza *et al.*, 2010) e no Piauí por Pereira (2008) em campo agrícola de Nazária (Tabela 1).

Phytophythium palingenens, não registra patogenicidade. É citada como primeira ocorrência para o Brasil no estado do Piauí (Milanez *et al.*, 2007; Forzza *et al.*, 2010), foi observada por Rocha (2002) no Parque Nacional de Sete Cidades-Piracuruca; na cidade de Floriano por Negreiros (2008); e por Trindade Junior (2013) em Teresina (Tabela 1).

Phytophythium vexans acomete cana-de-açúcar, batata, berinjela, causando podridão de raiz (Plaats-Niterink, 1981; Mendes & Urben, 2016). É registrado no estado de Pernambuco, Rio de Janeiro, São Paulo (Milanez *et al.*, 2007; Forzza *et al.*, 2010) e no Piauí onde foi relatado por Rocha (2002), Pereira (2008) e Trajano (2009) (Tabela 1).

Lourd *et al.* (1986) realizando estudos em solos de florestas e áreas de cultivo em Manaus, observaram que as espécies do gênero *Pythium* ocorrem com mais frequência em área de solos cultivados, sendo *Py. aphanidermatum* a espécie com maior potencial infeccioso. Relatam ainda que o tipo de cultura praticada, o desequilíbrio natural do meio ambiente e o cultivo excessivo em uma determinada área, aumentam a ocorrência de manifestações dessas espécies. Desta forma, este gênero apresenta um alto potencial de fitopatogenicidade.

Um dos fatores que mais influenciam a agressividade de *Py. aphanidermatum* é a temperatura, onde apresenta potencial patogênico mais elevado nas épocas quentes do ano, quando a temperatura fica acima de 23 °C (Bates & Stanghellini, 1984; Herrero *et al.*, 2003; Cipriano *et al.*, 2005).

Pythium aphanidermatum causa putrefação de raiz, talo e rizoma, *damping-off* em beterraba, berinjela, cana-de-açúcar, milho, ocorre em sementes de melão e feijão (Plaats-Niterink, 1981; Mendes & Urben, 2016). Este táxon se destaca por apresentar-se como a espécie mais registrada em todo o país, estando presente nos estados do Amazonas, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do sul, Mato Grosso, Minas Gerais, Pernambuco, Rio de Janeiro e São Paulo; sendo a única relatada na Paraíba (Milanez *et al.*, 2007; Forzza *et al.*, 2010). No Piauí, foi registrada por Pereira (2008) em campo agrícola de Nazária; por Negreiros (2008), em amostras de solo na cidade de Floriano e também por Trajano (2009), em hortas comunitárias de Teresina (Tabela 1).

Pythium graminicola acomete milho, segundo Mendes e Urben (2016), porém não foram encontradas nos registros quais doenças se manifestam no hospedeiro. Registra-se a espécie no Distrito Federal, São Paulo (Milanez *et al.*, 2007; Forzza *et al.*, 2010) e no Piauí, foi identificada por Pereira (2008) em Nazária e Trindade Junior (2013) em Teresina (Tabela 1).

Pythium inflatum foi relatado na cana-de-açúcar e em morango, porém sem descrição de manifestações sintomáticas (Plaats-Niterink, 1981). Relatado em São Paulo (Milanez *et al.*, 2007; Forzza *et al.*, 2010) e no Piauí registrou-se a espécie no campo agrícola de Nazária por Pereira (2008) (Tabela 1).

Pythium myriotylum acomete amendoim, tomate, feijão, batata e soja causando podridão de vagem (Plaats-Niterink, 1981; Mendes & Urben, 2016). Esta espécie é relatada em Goiás, São Paulo, Distrito Federal (Milanez *et al.*, 2007; Forzza *et al.*, 2010). No Piauí é registrado no Parque Nacional de Sete Cidades-Piracuruca por Rocha (2002) e no campo agrícola de Nazária por Pereira (2008) (Tabela 1).

Pythium perillum acomete raízes de cana-de-açúcar e capim-marandu atacando as sementes (Plaats-Niterink, 1981; Mendes & Urben, 2016). A espécie apresenta registro no estado do Pará (Milanez *et al.*, 2007; Forzza *et al.*, 2010) e Piauí onde foi identificada por Rocha (2002) na cidade de Piracuruca e Pereira (2008) em Nazária (Tabela 1).

Tabela 1: Espécies do Complexo *Pythium* (*Pythium*, *Phytophythium* e *Globisporangium*) com acessos na Coleção de Cultura de Organismos Zoospóricos da Universidade Federal do Piauí e o potencial patogênico a culturas agrícolas.

ESPÉCIE	CULTURA AGRÍCOLA SUSCETÍVEL	DOENÇAS	OCORRÊNCIA DA ESPÉCIE	
			BRASIL	PIAUI
<i>Globisporangium echinullatum</i>	Morango (<i>Fragaria</i> spp)	Não especificada	PE PI SP	Nazária Teresina Piracuruca
<i>Globisporangium mamillatum</i>	Abacaxi (<i>Ananas comosus</i> L.) Algodão (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) Alho (<i>Allium sativum</i> L.) Beterraba (<i>Beta vulgaris</i> L.) Cana-de-açúcar (<i>Saccharum officinarum</i> L.) Melancia (<i>Citrullus lanatus</i> L.) Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	Podridão radicular, Tombamento	PI RJ SP	Nazária Floriano Piracuruca
<i>Globisporangium perplexum</i>	Pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.)	Tombamento	PI	Nazária Teresina
<i>Globisporangium proliferum</i>	Batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Soja (<i>Glycine max</i> Merr) Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	Podridão radicular e em sementes	PI SP	Teresina Piracuruca
<i>Globisporangium ultimum</i>	Amendoim (<i>Arachis hypogaea</i> L.) Batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Batata-doce (<i>Ipomoea batatas</i> L.) Café (<i>Coffea arabica</i> L.) Cana-de-açúcar (<i>Saccharum officinarum</i> L.) Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) Feijão-de-Lima (<i>Phaseolus lunatus</i> L.) Melão (<i>Cucumis melo</i> L.)	Podridão radicular, de sementes e tissular Tombamento.	PE PI DF MG SP RJ	Nazária Piracuruca Teresina
<i>Phytophythium indigoferae</i>	Abacaxi (<i>Ananas comosus</i> L.)	Podridão radicular	PI RJ	Nazária
<i>Phytophythium palingenes</i>	Não há registro	Não há registro	PI	Floriano Teresina Piracuruca
<i>Phytophythium vexans</i>	Batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Berinjela (<i>Solanum melongena</i> L.) Cana-de-açúcar (<i>Saccharum officinarum</i> L.)	Podridão radicular	PE PI RJ SP	Nazária Teresina Piracuruca
<i>Pythium aphanidermatum</i>	Alface (<i>Lactuca sativa</i> L.) Algodão (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) Arroz (<i>Oryza</i> spp.) Berinjela (<i>Solanum melongena</i> L.) Beterraba Cana-de-açúcar (<i>Saccharum officinarum</i> L.) Cenoura (<i>Daucus carota</i> L.) Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) Melão (<i>Cucumis melo</i> L.) Mamão (<i>Carica papaya</i> L.) Milho (<i>Zea Mays</i> L.) Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	Podridão radicular, colo, colmo, sementes Tombamento.	AM DF GO MG MS PA PE PI RJ SP	Nazária Teresina Floriano
<i>Pythium graminicola</i>	Alho (<i>Allium sativum</i> L.) Batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Cana-de-açúcar (<i>Saccharum officinarum</i> L.) Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) Milho (<i>Zea mays</i> L.)	Podridão radicular e de vagem	DF PI SP	Nazária Teresina
<i>Pythium inflatum</i>	Cana-de-açúcar (<i>Saccharum officinarum</i> L.) Morango (<i>Fragaria</i> spp)	Não especificada	PI SP	Nazária
<i>Pythium myriotylum</i>	Amendoim (<i>Arachis hypogaea</i> L.) Batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) Soja (<i>Glycine max</i> Merr) Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	Podridão radicular e de vagem	PI GO DF SP	Nazária Piracuruca
<i>Pythium peritium</i>	Cana-de-açúcar (<i>Saccharum officinarum</i> L.) Capim-marandu (<i>Brachiaria brizantha</i> Stapf)	Podridão radicular e de sementes	PR PI	Floriano Teresina Piracuruca

Potencial patogênico de espécies do Complexo *Pythium* (*Pythium*, *Phytopythium* e *Globisporangium*) para a agricultura familiar do Piauí.

No Piauí, o milho, arroz e feijão tem destaque na agricultura familiar, e junto com a soja, são as principais culturas agrícolas praticadas e que possuem, segundo a CEPRO (2016), maior peso na balança comercial do estado. A agricultura familiar é mais diversa e pratica todas as culturas agrícolas suscetíveis listadas na Tabela 1.

As culturas agrícolas mais suscetíveis ao ataque por espécies do Complexo *Pythium* são Cana-de-açúcar e batata-inglesa. O patógeno do Complexo *Pythium* com maior variedade de culturas agrícolas suscetíveis e com maior distribuição geográfica conhecida é *Py. Aphanidermatum*, patógeno a 12 culturas agrícolas e ocorrendo em nove estados do país, além do Distrito Federal (Tabela 1).

O rendimento de grãos na maioria das culturas sob diferentes manejos do solo depende das condições climáticas do ano agrícola, da qualidade do manejo, do nível de fertilidade do solo e do estado sanitário da cultura, dentre outros fatores. Por estas razões, tem sido bastante variável, na literatura, o relato do comportamento das culturas em distintos manejos do solo. É preciso destacar, contudo, que nos anos em que ocorre deficiência hídrica perdas de rendimento quase sempre são registradas (Fageria *et al.*, 1995; Carmo, 1997).

É indispensável o cuidado com o solo já que este é essencial para o sucesso de uma atividade agrícola, além de cuidados durante a prática do cultivo a fim de se evitar a propagação de doenças causadas por representantes do Complexo *Pythium*. Nessas atividades, a característica do solo, por exemplo, que pode ser classificada como alcalina, ácida ou neutra, geralmente é modificada, na busca de melhorar o desenvolvimento das culturas realizando adubações (Prefeitura Municipal de São Paulo, 1996) e calagens com a aplicação de hidróxidos de cálcio no solo, com a finalidade de oferecer cálcio e magnésio para diminuir a acidez (Mello *et al.*, 1983).

Uma vez que a presença de água no solo contribui para o desenvolvimento das doenças, recomenda-se evitar o excesso de água nos solos, sem ignorar o cuidado com a procedência e armazenamento das sementes utilizadas nos plantios (Goldberg, 2006). Segundo Galli (1978), irrigações prolongadas, altas concentrações de adubos e pequenas áreas contendo plantas hospedeiras aumentam a probabilidade de ocorrência de doenças.

Andrade (2007) acredita que a suscetibilidade das sementes ao ataque de micro-organismos do solo se acentua quando condições ambientais dificultam sua germinação, dentre elas o estresse hídrico, excesso de água e grandes variações de temperatura entre dia e noite. Dessa maneira, é proposta a rotação de culturas, a semeadura rasa e a utilização de sementes sadias como formas de prevenção aos fitopatógenos.

A rotação de culturas pode ser vista como um mecanismo que ajuda na redução de populações de *Pythium* que causam doenças em plantas de interesse econômico (Zhang & Yang, 2000). Segundo Andreola e Fernandes (2007), essa rotação diminui o potencial de inoculo dos patógenos na cultura sucessora ou interfere no ciclo de vida de algumas pragas.

Para culturas de rápido desenvolvimento recomenda-se o uso de canteiros bem fertilizados e drenados, pois desta maneira promove-se o seu crescimento mais rápido em relação ao crescimento e ataque do organismo patógeno, especialmente, para controlar a podridão de raiz. É recomendado também excluir as plantas que apresentem manifestações de doenças (Sikora *et al.*, 2004).

O uso de agrotóxico para combater doenças nas culturas provoca sérios problemas ambientais, bem como à saúde humana, visto que o agrotóxico pode se acumular no solo, na água e nos vegetais. De acordo com Chase (1999), nem sempre a aplicação de

fungicida é a melhor maneira de reduzir as perdas na produção, pois na maioria das vezes não se conhece o agente patógeno.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da carência de informações sobre esses organismos, até mesmo por parte dos pesquisadores e técnicos agrícolas, observa-se a necessidade em conhecer as ações desses patógenos sobre as culturas agrícolas, uma vez que as doenças que acometem as plantações podem acarretar em prejuízos econômicos. Dentro dessas perspectivas, nota-se o quanto é importante que os produtores sejam informados da existência desses patógenos, sua ação e de suas consequências, para praticar corretamente o manejo do solo, atentar-se à procedência das sementes utilizadas no cultivo, bem como escolher quais culturas ou variedades sejam menos suscetíveis à ação destes agentes. Consequentemente, os efeitos negativos desses patógenos seriam amenizados ou mesmo eliminados de forma que diminuiriam as perdas econômicas.

Não obstante, ressalta-se o importante papel ecológico desses organismos no meio ambiente, que tem função de degradação da matéria orgânica. O desequilíbrio causado pelas ações antrópicas, desencadeiam condições favoráveis para que esses organismos causem danos às plantações acometendo-lhes patologias. Portanto, é nítida a relevância do estudo no sentido de auxiliar os produtores a minimizar a ação desses patógenos sobre as culturas agrícolas, por meio do manejo sustentável, além da importância de conhecer a diversidade desses organismos que ainda possuem pouca expressividade nos estudos desenvolvidos no estado do Piauí e, de modo geral, no país.

A agricultura familiar e também a comercial podem se beneficiar com esse tipo de informação técnica que contribui para orientação de um melhor manejo de culturas agrícolas; uma vez que a agricultura familiar, com evidência, é responsável por grande parte do abastecimento alimentício do país impulsionando sua economia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIOS, G.N. 2005. *Plant Pathology*. 5ª ed. Academic Press. St. Paul.
- ALEXOPOULOS, C.J.; MIMS, C.W. & BLACKWELL, M. 1996. *Introductory Mycology*. 4ª ed. New York, John Wiley & Sons, Inc.
- AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M. & BERGAMIN FILHO, A. (eds). 2011. *Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos*. 4ª ed. Piracicaba, São Paulo, Ceres.
- ANDREW, K.G. & STEPHEN, A.F. 1994. *Pythium primer*. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii at Manoa. Disponível em www.extento.hawaii.edu. Acesso em 16 jun. 2017.
- ANDRADE, D.F.A.A. 2007. *Importância da proteção das sementes*. Centro de inteligência do feijão, Água Clara. Disponível em <http://www.cifeijao.com.br>. Acesso em 16 jun. 2017.
- ANDREOLA, F. & FERNANDES, S.A.P.A. 2007. Microbiota do solo na agricultura orgânica e no manejo das culturas. In: SILVEIRA, A.P.D.; FREITAS, S.S. *Microbiota do solo e qualidade ambiental*. Campinas, Instituto Agrônomo.
- BALA, K.; ROBIDEAU, G.P.; LÉVESQUE, C.A.; DE COCK, A.W.A.M.; ABAD, Z.G.; LODHI, A.M.; SHAHZAD, S.; GHAFAR, A. & COFFEY, M.D. 2010a. *Phytopythium* Abad, de Cock, Bala, Robideau, Lodhi & Lévesque, gen. nov. and *Phytopythium sindhum* Lodhi, Shahzad & Levésque, sp. nov. *Persoonia* 24:136-137.
- BALA, K.; ROBIDEAU, G.P.; DÉSAULNIERS, N.; DE COCK, A.W.A.M. & LÉVESQUE, C.A. 2010b. Taxonomy, DNA barcoding and phylogeny of three new species of *Pythium* from Canada. *Persoonia* 25: 22-31.
- BAPTISTA, F.R. 2007. *Pythium middletonii* Sparrow e *Pythium dissotocum* Drechsler em alface (*Lactuca sativa* L.): avaliação patogênica e controle biológico. (Dissertação de Mestrado). Instituto de Botânica de São Paulo. São Paulo.

- BARTON, R. 1958. Occurrence and establishment of *Pythium* in soils. *Transactions of the British Mycological Society* 41: 207-222.
- BATES, M.L. & STANGHELLINI, M.E. 1984. Root rot of hydroponically grown spinach caused by *Pythium aphanidermatum* and *P. dissotocum*. *Plant Disease* 68: 989-991.
- CARMO, D.A.S. 1997. *Algumas considerações sobre agricultura irrigada na região dos cerrados*. In: SIMPOSIO SOBRE O CERRADO, 7, Brasília, 1997. Estratégias de utilização; anais. 2.ed. Planaltina, EMBRAPA, CPAC: 87-97.
- CEPRO. 2016. Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí. *Conjuntura econômica. Boletim analítico anual 2015*. Disponível em <http://www.cepro.pi.gov.br/conjuntura.php>. Acesso em 06 mai. 2017.
- CIPRIANO, M.A.P.; SANTOS, A.S.; PATRICIO, F.R.A.; FREITAS, R.P. & PIRES-ZOTTARELLI, C.L.A. 2005. Potencial de isolados de *Trichoderma* spp. para o controle de *Pythium aphanidermatum* em sistemas hidropônicos. *Arquivos do Instituto Biológico* 72 (supl.): 1-63.
- CHASE, A.R. 1999. *Pythium* root rot on ornamentals. *Western Farm Service*, v. 1. Disponível em <http://www.westernfarmservice.com>. Acesso em 06 mai. 2017.
- DE COCK, A.W.A.M.; LODHI, A.M.; RINTOUL, T.L.; BALA, K.; ROBIDEAU, G.P.;
- ABAD, Z.G.; COFFEY, M.D.; SHAHZAD, S. & LÉVESQUE, C.A. 2015. *Phytopythium*: molecular phylogeny and systematics. *Persoonia* 34: 25-39.
- EMBRAPA. 2015. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. *Plano de inovação à agricultura familiar é apresentado no Piauí*. Disponível em <https://www.embrapa.br/web/portal/busca-de-noticias/-/noticia/4046876/plano-de-inovacao-a-agricultura-familiar-e-apresentado-no-piaui>. Acesso em 06 mai. 2017.
- EMBRAPA. 2016. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. *Agricultura familiar*. Disponível em <http://www.embrapa.br>. Acesso em 10 mai. 2017.
- FAGERIA, N.K.; SANTANA, E.P. & MORAIS, O.P. 1995. Resposta de genótipos de arroz de sequeiro favorecido à fertilidade do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30(9): 1155-1161.
- FIOCRUZ 2016. Fundação Oswaldo Cruz. 2016. *Coleções microbiológicas*. Disponível em <http://portal.fiocruz.br/pt-br/content/cole%C3%A7%C3%B5es-biol%C3%B3gicas>. Acesso em 10 mai. 2016.
- FLORA DO BRASIL 2020 em construção. 2017. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <http://floradobrasil.jbrj.gov.br>. Acesso em 29 Jul. 2017.
- FORZZA, R.C *et al.*, 2010. *Catálogo de plantas e fungos do Brasil*. Vol. 1. Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- FREIRE FILHO, F.R.; LIMA, J.A.A. & RIBEIRO, V.Q. 2005. *Feijão-caupi: avanços tecnológicos*. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica.
- GALLI, F. (Coord.). 1978. *Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos*. 2ª ed. São Paulo, Editora Agronômica Ceres Ltda.
- GALLANDI, D. & PAUL, B. 2001. *Pythium perplexum* isolated from soil in France: morphology, molecular characterization and biological control. *Microbiological Research* 156: 185-189.
- GOLDBERG, N.P. 2006. *Pythium blight and Pythium root rot*. Las Cruces, New Mexico State University. Disponível em <http://www.cahe.nmsu.edu>. Acesso em 11 mai. 2016.
- GONÇALVES, D.R.; DE JESUS, A.L.; ROCHA, S.C.O.; MARANO, A.V. & PIRES-ZOTTARELLI, C.L.A. 2016a. New records of *Pythium* (Oomycetes, Straminipila) for South America based on morphological and molecular data. *Nova Hedwigia* 103(1-2): 1-12.
- GONÇALVES, D.R.; DE JESUS, A.L. & PIRES-ZOTTARELLI, C. L. A. 2016b. *Pythium* and *Phytopythium* species associated with hydroponically grown crops around the City of São Paulo, Brazil. *Tropical Plant Pathology* 41: 397-405.
- HAWKSWORTH, D.L.; KIRK, P.M.; SUTTON, B.C. & PEGLER, D.M. 1995. *Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi*. 8ª ed. Egham, International Mycological Institute.
- HENDRIX, F.F.JR. & CAMPBELL, W.A. 1973. *Pythium* as plant pathogens. *Annual review of Phytopathology* 11: 77-78.

- HERRERO, M.L.; HERMANSEN, A. & ELEN, O.N. 2003. Occurrence of *Pythium* spp. and *Phytophthora* spp. in Norwegian greenhouses and their Pathogenicity on cucumber Seedlings. *Journal of Phytopathology* 151: 36-41.
- KIRK, P.M.; CANNON P.F.; MINTER D.W. & STALPERS J.A. 2008. *Dictionary of Fungi*. 10^a ed., Wallingford, CABI, Bioscience.
- LOURD, M.; ALVES, M.L.B. & BOUHOT, D. 1986. Análise qualitativa e quantitativa de espécies de *Pythium* patogênicas dos solos no município de Manaus, I solos de terra firme. *Fitopatologia Brasileira* 11: 479.
- LÉVESQUE, C.A. & DE COCK, A.W.A.M. 2004. Molecular phylogeny and taxonomy of the genus *Pythium*. *Mycology Research* 108: 1363-1383.
- MAIA, L.C. & CARVALHO, A.A. 2015. Fungos. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB128475>. Acesso em 03 mar. 2017.
- MELLO, F.A.F. et al. 1983. *Fertilidade do solo*. São Paulo: Nobel.
- MENDES, M.A.S. & URBEN, A.F. 2016. *Fungos relatados em plantas no Brasil*. Laboratório de Quarentena Vegetal. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Disponível em <http://pragawall.cenargen.embrapa.br/aiqweb/michtml/fgbanco01.asp>. Acesso em 9 mai. 2016.
- MILANEZ, A.I.; PIRES-ZOTARELLI, C.L.A. & GOMES, A.L. 2007. *Brazilian Zoosporic Fungi*. São Paulo.
- MOORE-LANDECKER, E. 1996. *Fundamentals of the Fungi*. 4^a ed. New Jersey, Prentice Hall.
- NEGREIROS, N.C. 2008. *Uso sustentável de culturas agrícolas suscetíveis a oomicetos (Oomycota) fitopatogênicos às margens do rio Parnaíba no município de Floriano, Piauí*. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Piauí. Piauí.
- PLAATS-NITERINK, A.J. 1975. Species of *Pythium* in the Netherlands. *Journal of Plant Pathology* 81: 22-37.
- PLAATS-NITERINK, A.J. 1981. *Monograph of the Genus Pythium*. Studies in Mycology, Baarn, vol. 21.
- PEREIRA, A.A. 2008. *Oomicetos (Oomycota) no campo agrícola de Nazária, Piauí- Sustentabilidade na prevenção e controle dos fitopatógenos em agricultura familiar*. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Piauí. Piauí.
- PEREIRA, A.A. & ROCHA, J.R.S. 2008. *Pythium* (Pythiaceae): três novos registros para o nordeste do Brasil. *Acta Botanica Malacitana* 33: 347-350.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. 1996. Secretaria Municipal de Abastecimento São Paulo. *Horta: cultivo de hortaliças*, 19.
- ROBIDEAU, G.P.; DE COCK, A.W.A.M.; COFFEY, M.D.; VOGLMAYR, H.; BROUWER, H.; BALA, K.; CHITTY, D.W.; DÉSAULNIERS, N.; EGGERTSON, Q.A.; GACHON, C.M.M.; HU, C.H.; KÜPPER, F.C.; RINTOUL, T.L.; SARHAN, E.; VERSTAPPEN, E.C.P.; ZHANG, Y.; BONANTS, P.J.M.; RISTAINO, J.B. & LÉVESQUE, A.C. 2011. DNA barcoding of oomycetes with cytochrome c oxidase subunit I and internal transcribed spacer. *Molecular and Ecological Resources* 11: 1002-1011.
- ROCHA, J.R.S. 2002. *Fungos zoospóricos em área de cerrado no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Brasil*. (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo.
- ROCHA, J.R.S.; SOUSA, N.D.C.; SANTOS, L.A.; PEREIRA, A.A.; NEGREIROS, N.C.; SALES, P.C.L. & TRINDADE-JÚNIOR, O.C. 2014. The genus *Pythiogeton* (Pythiogetonaceae) in Brazil. *Mycosphere* 5(5): 623-634.
- SARAIVA, L.S. 2016. *Diversidade de oomicetos (Oomycota), potencial patogênico e manejo na piscicultura em Teresina-Pi*. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Piauí. Piauí.
- SIKORA, E.J.; KEMBLE, J.M. & BAUSKE, E.M. 2004. *Pythium root rot of garden beans*. Alabama: Cooperative Extensions System. Disponível em <http://www.aces.edu>. Acesso em 10 mai. 2016.
- SOUSA, N.D.C. 2015. *A percepção da poluição e o impacto sobre os organismos zoopóricos no rio Poti, Teresina-Pi*. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Piauí. Piauí.
- SUTTON, J.C.; SOPHER, C.R.; OWEN-GOING, T.N.; LIU, W.; GRODZINSKI, B.; HALL, J.C. & BENCHIMOL, R.L. 2006. Etiology and epidemiology of *Pythium* root rot in hydroponic crops: Current knowledge and perspectives. *Summa Phytopathologica* 32: 307-321.

- SCHROEDER, K.L.; MARTIN, F.N.; DE COCK, A.W.; LÉVESQUE, C.A.; SPIES, C.F. OKUBARA, P.A. & PAULITZ, T.C. 2013. Molecular detection and quantification of *Pythium* species: evolving taxonomy, new tools, and challenges. *Plant Disease* 97(1): 4-20.
- SHOKES, F.M. & MCCARTER, S.M. 1979. Occurrence, dissemination, and survival of plant pathogens in surface irrigation ponds in southern Georgia. *Phytopathology* 69(5): 510-516.
- TRAJANO, H.M.R. 2009. *Resistência de espécies de pimenta (Capsicum sp) a Pythium sp.* (Dissertação Mestrado). Universidade Federal do Piauí. Piauí.
- TRIGIANO, R.N.; WINDHAM, M.T. & WINDHAM, A.S. 2004. *Plant Pathology. Concepts and Laboratory Exercises.* Boca Raton, CRC.
- TRINDADE JUNIOR, O.C. 2013. *Riscos socioambientais e diversidade de fungos zoospóricos em lagoas de Teresina, Piauí.* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Piauí. Piauí.
- UZUHASHI, S.; TOJO, M. & KAKISHIMA, M. 2010. Phylogeny of the genus *Pythium* and description of new genera. *Mycoscience* 51: 337-365.
- VILLA, O.N.; KAGEYAMA, K.; ASANO, T. & SUGA, H. 2006. Phylogenetic relationships of *Pythium* and *Phytophthora* species based on ITS rDNA, cytochrome oxidase II and b-tubulin gene sequences. *Mycologia* 98(3): 410-422.
- ZHANG, B.Q. & YANG, X.B. 2000. Pathogenicity of *Pythium* populations from corn-soybean rotations fields. *Plant Disease* 84: 94-99.