

Flávia Luane Gomes

Universidade Federal do Tocantins
fluaneg@gmail.com

Lisandra Lima Luz

Universidade Federal do Tocantins
lisandra.lima.luz@gmail.com

Manuella Costa Sousa

Universidade Federal do Tocantins
manuella8_gpi@hotmail.com

Rodrigo Silva Oliveira

Universidade Federal do Goiás
d.rigo.oliveira@hotmail.com

Lillian França Borges Chagas

Universidade Federal do Tocantins
lillianfbc@uft.edu.br

Aloísio Freitas Chagas Junior

Universidade Federal do Tocantins
chagasjraf@mail.uft.edu.br

POTENCIAL DE *Pochonia* spp. PARA PRODUÇÃO DE INOCULANTES

RESUMO

A agricultura é um setor econômico que influencia de forma significativa o desenvolvimento de um país e uma prática produtiva indispensável para a produção de alimentos. O estudo de alternativas que otimizem a agricultura de forma sustentável é essencial. Os inoculantes agrícolas são produtos contendo microrganismos benéficos para as plantas. O fungo *Pochonia* spp. possui potencial para o desenvolvimento de inoculante, visto que é um parasita de ovos e fêmeas de espécies de fitonematoides, sendo, portanto, muito utilizado para o controle biológico de fitonematoides dos gêneros *Heterodera* e *Meloidogyne*. Diversos mecanismos de interação entre *Pochonia* e fitonematoides já foram elucidados. Outra aplicação que recentemente vem sendo muito estudada é a utilização de *Pochonia* para promoção de crescimento vegetal, que já foi relatada em culturas como a soja e alface. Para a produção industrial de um inoculante a base de *Pochonia*, a formulação de um meio de cultura viável é um dos maiores desafios, sendo necessário um estudo detalhado sobre nutrição microbiana. Este artigo de revisão descreve a taxonomia de *Pochonia*, suas aplicações na agricultura e explora uma perspectiva de formulação de um meio de cultura alternativo que atenda às exigências nutricionais do fungo.

Palavras-chave: Biocontrole. Fermentação. Crescimento vegetal. Fitonematoides. Agricultura.

POTENTIAL OF *Pochonia* spp. FOR THE PRODUCTION OF INOCULANTS

ABSTRACT

Agriculture is an economic sector that significantly influences a country's development and an indispensable productive practice for food production. The study of alternatives that optimize agriculture in a sustainable way is essential. Agricultural inoculants are products containing beneficial microorganisms for plants. The fungus *Pochonia* spp. it has the potential for the development of inoculants, since it is a parasite of eggs and females of species of phytonematodes, being, therefore, widely used for the biological control of phytonematodes of the genera *Heterodera* and *Meloidogyne*. Several mechanisms of interaction between *Pochonia* and phytonematoids have been elucidated. Another application that has recently been widely studied is the use of *Pochonia* to promote plant growth, which has already been reported in crops such as soy and lettuce. For the industrial production of an inoculum based on *Pochonia*, the formulation of a viable culture medium is one of the greatest challenges, requiring a detailed study on microbial nutrition. This review article describes the taxonomy of *Pochonia*, its applications in agriculture and explores a perspective of formulating an alternative culture medium that meets the nutritional requirements of the fungus.

Keywords: Biocontrol, Fermentation, Plant growth, Phytonematoids. Agriculture.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado o país com maior potencial agrícola no mundo (BUONAFINA, 2017). Diante da importância da agricultura no país, vários produtores fazem uso de produtos químicos devido à deficiência nutricional do solo de algumas regiões e doenças causadas por patógenos, porém estas práticas podem ser prejudiciais ao meio ambiente, fazendo-se necessário buscar por alternativas sustentáveis (TEIXEIRA *et al.*, 2011).

Os inoculantes são substâncias que contém microrganismos viáveis que favorecem o desenvolvimento vegetal, a maioria são constituídos por bactérias que realizam a fixação biológica de nitrogênio (MAPA, 1981; VIVANCO-CALIXTO *et al.*, 2016).

O fungo *Pochonia* é antagonista de fitonematoides e promotor de crescimento vegetal (PCV) e pode ser utilizado na formulação de inoculantes (DALLEMOLE-GIARETTA *et al.*, 2015, HERNÁNDEZ & DÍAZ, 2008).

Esta revisão de literatura explora dados literários referentes ao fungo *Pochonia* spp. a fim de elucidar sua natureza, taxonomia e estudos mais relevantes sobre sua aplicação na agricultura.

2. TAXONOMIA E MORFOLOGIA

O gênero *Pochonia* foi criado em 1965 quando micologistas brasileiros isolaram a espécie *Pochonia humicola* de solo do nordeste do Brasil (BATISTA & FONSCECA, 1965). A taxonomia do fungo havia sido descrita muito antes, porém atribuída ao gênero *Verticillium* sob o nome de *Verticillium chlamydosporium*, em

2001 o fungo *V. chlamydosporium* tornou-se do gênero *Pochonia* e foi renomeado à *Pochonia chlamydosporia* com base em estudos de morfologia e genética molecular (ZARE *et al.*, 2001).

Atualmente, o gênero *Pochonia* compreende uma única espécie dividida em cinco variedades, são elas: *chlamydosporia*, *catenulata*, *ellipsozona*, *spinulosa* e *mexicana*. As espécies semelhantes à *Pochonia* que foram inicialmente acomodados a este gênero, atualmente pertencem a um novo gênero denominado *Metapochonia* (EVANS & KIRK, 2017).

Pochonia spp. se reproduz de forma assexuada ou sexuada. A Tabela 1 demonstra a classificação taxonômica detalhada de *P. chlamydosporia* conforme sua reprodução.

Tabela 1 – Taxonomia de *P. chlamydosporia* (ZARE *et al.*, 2001)

Classificação	Sexuada	Assexuada
Reino	Fungi	Fungi
Filo	Ascomycota	Deuteromycota
Classe	Ascomycetes	Hyphomycetes
Ordem	Hypocreales	Moniales
Família	Clavicipitaceae	Moniliaceae
Gênero	<i>Metacordyceps</i>	<i>Pochonia</i>
Espécie	<i>Metacordyceps chlamydosporia</i>	<i>Pochonia chlamydosporia</i>
Variedade	-	<i>Pochonia chlamydosporia</i> var. <i>chlamydosporia</i>

Fonte: Autora

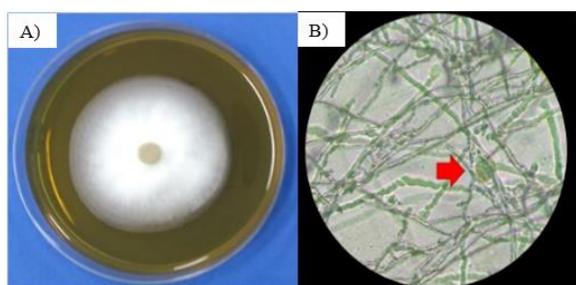
A reprodução assexuada de *Pochonia* acontece por meio de conídios ou clamidósporos, sendo o primeiro caracterizado por sua estrutura unicelular de fácil propagação e a segunda por serem estruturas multicelulares, resistentes e que mantém sua viabilidade por longo tempo em condições ambientais não favoráveis à sua germinação, sendo preferencialmente utilizados

como fonte de inóculo (KERRY & BOURNE, 2002).

As hifas de *Pochonia* são septadas, hialinas, com micélio aéreo fino, possuem coloração branca no início do cultivo e adquire cor bege ao decorrer da produção de clamidósporos, em meio ágar extrato de malte (MEA) as colônias do fungo atingem entre 20 a 38 mm em 10 dias de incubação (ZARE *et al.*, 2001).

As estruturas microscópicas dos isolados apresentaram-se com presença de clamidósporos, fiálide fina e alongada, conídios em formato ovoides em aglomerados e micélios aéreos (NAGESH *et al.*, 2007), (Figura 1).

Figura 1 – Características morfológicas de *Pochonia* em MEA. A) Morfologia macroscópica, B) Morfologia microscópica (aumento 400x). A seta em vermelho destaca a presença de clamidósporo.



Fonte: Autora

É um fungo saprófita, anamórfico, endófito e parasita de ovos e fêmeas de espécies de fitonematoides (GHAHREMANI *et al.*, 2019).

3 ANTAGONISMO DE FITONEMATOIDES

Os fitonematoides são organismos vermiformes com comprimento entre 0,2 a 3 mm que habitam o solo e sua principal fonte de nutrientes são as raízes das plantas, onde parasitam e causam doenças. As perdas causadas por nematoides em países tropicais e subtropicais são difíceis de serem estimadas, principalmente

porque nestas regiões o clima favorece a reprodução destes organismos (CHARCHAR, 1999).

Os nematoides mais populares são os que constituem o gênero *Meloidogyne* e *Globodera*, o primeiro constitui espécies conhecidas como nematoide das galhas e são parasitas de raízes e caules, os nematoides do gênero *Globodera* despertam grande preocupação, pois possuem a capacidade de permanecerem viáveis no solo na forma de cistos por longos períodos, por isso são popularmente conhecidos como nematoide dos cistos (PINHEIRO *et al.*, 2015).

Outras espécies de importância econômica são: *Pratylenchus* (nematóide de lesões necróticas), *Dithylenchus* (nematóide da haste e bulbo) e *Scutellonema* (nematóide da casca preta) (RAMIREZ *et al.*, 2021).

O ciclo de vida dos nematoides varia de acordo com a espécie, mas em geral o ciclo básico compreende a fase do ovo, seguido de quatro estágios juvenis (J1, J2, J3 e J4) havendo a troca de tegumento entre os estágios, e finalmente a fase adulta (WHARTON, 2011).

3.1 Interações fungo-nematóide

Acredita-se que enzimas extracelulares secretadas pelo fungo desempenham papel fundamental no rompimento da casca dos ovos de nematoides e colonização do corpo do juvenil. A enzima protease VCPI, foi extraída e purificada de *P. chlamydosporia* e observou-se que é capaz de remover o revestimento proteico da casca de ovos de *Meloidogyne* (SEGERS *et al.*, 1996), enzimas quitinase produzidas por *P. chlamydosporia* também apresentaram

antagonismo contra ovos de nematoides (TIKHONOV *et al.*, 2002).

As enzimas protease e quitinase são importantes para romper a casca dos ovos de nematoides que são compostas por uma camada vitelina proteica externa, uma camada de quitina, uma matriz proteica embebida em microfibrilas de quitina e uma camada lipídica interna (BIRD & MCCLURE, 1976).

As serinas proteases são as enzimas protease mais codificadas pelo genoma de *Pochonia*. Em *P. chlamydosporia* foram identificadas as serinas proteases VCPI, P32 e SCP1 (SEGERS *et al.*, 1996, LOPEZ-LLORCA & ROBERTSON, 1992, LOPEZ-LLORCA *et al.*, 2010). Após a ação das proteases na casca do ovo, a camada de quitina é exposta, a partir de então as endoquitinases produzidas pelo fungo clivam aleatoriamente a cadeia de quitina enquanto as hexoquinase clivam a quitobiose e as N-acetyl- β D-glucosaminidases retiram os monômeros de glucosamina da quitobiose (MORTON *et al.*, 2004).

A primeira quitinase purificada de *Pochonia* foi a 43 kDa endochitinase – CHI43, foi demonstrado que esta enzima age sinergicamente com a protease P32 em ovos de *G. pallida* (TIKHONOV *et al.*, 2002), o gene *pcchi44* que codifica uma endoquitinase extracelular de *P. chlamydosporia* foi isolada e clonada, a quitinase recombinante PCCHI44 de 44 kDa foi purificada e demonstrou virulência contra *Meloidogyne incógnita* (MI *et al.*, 2010).

A relação entre produção de enzimas (quitinases, esterases, lipases e serina protease) por diferentes isolados de *P. chlamydosporia* e seu crescimento parasitário e saprotrófico foram estudados, observou-se que a produção de

enzimas pelo fungo varia de acordo com o meio de cultivo, assim como a quantidade de enzimas produzidas varia conforme o isolado (ESTEVES *et al.*, 2009).

Outro fator relacionado a característica nematocida do fungo é a produção de metabólitos secundários. A classificação 34 metabólitos secundários de *P. chlamydosporia* foram reportadas, dos metabólitos identificados, piranonas fomamalactona e aurovertinas mostraram ter atividade nematocida (NIU, 2017).

O parasitismo feito por *Pochonia* inicia-se com a adesão do fungo ao alvo, este processo é realizado com auxílio de algumas glicoproteínas que conferem aderência das hifas e conídios aos ovos de nematoides, geralmente esta etapa inicia-se em um ambiente úmido (LOPEZ-LLORCA *et al.*, 2002; NICHOLSON & MORAES, 1980).

A segunda etapa do parasitismo é marcada pela penetração do fungo no hospedeiro, este processo acontece por meio de enzimas extracelulares. Além das enzimas, *Pochonia* é capaz de produzir apressórios na ponta dos tubos germinativos e nas hifas laterais e terminais que agem com força mecânica auxiliando na perfuração da casca dos ovos (LOPEZ-LLORCA & CLAUGHER, 1990).

Após a penetração, o fungo coloniza o tecido do hospedeiro para absorver os nutrientes e aumentar sua capacidade reprodutiva. *P. chlamydosporia* utiliza açúcares como a trealose presente nos ovos e nos juvenis como fonte de carbono e coloniza as células de alimentação presente nas fêmeas para absorver os nutrientes vegetais (YEN *et al.*, 1996; WHARTON, 2011).

3.2 *Pochonia* como agente de biocontrole na no manejo integrado de pragas

Regiões de clima temperado testaram a aplicação de *Pochonia* associado ao manejo integrado de pragas (MIP), experimentos em campo realizados no Reino Unido demonstraram que o fungo é capaz de reduzir em 50% a presença de *G. pallida* na cultura da batata (TOBIN *et al.*, 2008b).

O produto comercial Klamic® a base *P. chlamydosporia* var. *catelunata* foi testado em plantações de beterraba na Cuba, onde ocorriam perdas de 70% no cultivo devido a incidência de *M. incógnita*. Observou-se que seis meses após a aplicação a concentração de *Pochonia* na rizosfera manteve-se alta e houve colonização de cerca de 90% dos ovos (HERNÁNDEZ & DÍAZ, 2008).

O controle de *M. javanica* em culturas de alface e cenoura foi testado em condições de campo utilizando um produto a base de *P. chlamydosporia* em fase de desenvolvimento. Foram testadas diferentes doses por metro quadrado de cada parcela experimental e concluiu-se que as doses de 3,8 e 9,5 g do produto reduziram o número de galhas em 46,0% e 38,9% nas raízes, o número de ovos de nematoides no solo foi reduzido em 52,3% e 53,1%, respectivamente, além disto, notou-se o aumento no desenvolvimento das plantas (DALLEMOLE-GIARETA *et al.*, 2013).

A interação de *P. chlamydosporia* var. *catenulata* com as espécies *Rhizobium* sp., *Trichoderma harzianum* e *Glomus clarum*, foi avaliada, os experimentos foram conduzidos em estufa utilizando a cultura do feijão e tomate, os resultados demonstraram que houve

compatibilidade entre *P. chlamydosporia*, *Rhizobium*, *T. harzianum* e *G. clarum* e menor número de juvenis de *M. incognita* no solo foi encontrado nos tratamentos que incluíram *P. chlamydosporia* var. *catenulata* (PUERTA *et al.*, 2006).

A compatibilidade da aplicação de *Pochonia* associado ao fungicida azoxistrobina foi avaliada, os resultados demonstraram que o fungo possui sensibilidade inicial a este químico, porém ao longo do tempo o fungo se reestabelece tornando-se capaz de infectar os cistos de nematóides (TOBIN *et al.*, 2008a).

Um estudo de patogenicidade e toxicidade aguda (oral e dérmica) foram realizados com o objetivo de avaliar a segurança da interação do fungo *P. chlamydosporia* com organismos não alvos, os exames demonstraram que os animais que receberam doses contendo esporos do fungo não apresentaram letalidade, toxicidade ou patogenicidade, comprovando a segurança da manipulação do fungo (GARCÍA *et al.*, 2004).

Segundo Manzanilla-López *et al.*, (2013), o uso de *P. chlamydosporia* no manejo integrado de pragas é uma proposta interessante, porém é necessário entender melhor a biologia do fungo, realizar o sequenciamento completo do genoma, conhecer melhor os genes responsáveis pela característica nematicida, reduzir as taxas de aplicação, otimizar a produção e métodos de formulação e aumentar os ensaios de validação em condições de campo, além disto o autor ressalta que o biocontrole depende de uma cuidadosa seleção da cepa.

4 PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO VEGETAL

Espécies de *P. chlamydosporia* e *P. rubescens* foram estudadas nas culturas do trigo e cevada. Experimentos conduzidos em tubos de crescimento demonstraram que os fungos aumentaram o comprimento efetivo da raiz das mudas de cevada, já em experimentos realizados em vasos, a espécie *P. chlamydosporia* aumentou o peso do rebento das plantas de trigo (MONFORT *et al.*, 2005).

Deepa *et al* (2011) conduziu um experimento em um jardim cítrico de *Citrus limonia* L. de nove anos, uma formulação de talco contendo *P. chlamydosporia* foi aplicado a uma profundidade de 20-30 cm e 120 cm de distância do tronco das árvores, os resultados demonstraram maior rendimento das frutas em 81,66%.

A promoção de crescimento também foi observada em plantas de alface, no qual houve aumento dos parâmetros vegetativos na área de menor fertilidade do solo quando foram utilizadas doses de 10 e 30 g do produto, que consistiu em grãos de arroz colonizados por *P. chlamydosporia* (DIAS-ARIEIRA *et al.*, 2011).

Dallemole-Giaretta *et al* (2013) testaram diferentes doses de produto a base de *P. chlamydosporia* para o manejo de nematoides em plantas de alface e notaram que houve maior crescimento nas plantas inoculadas com o fungo quando comparadas ao controle.

Em plantas de tomate, o fungo *P. chlamydosporia* colonizou as células da epiderme e córtex do tomateiro e induziu a defesa das plantas, além disto, sua colonização endofítica promoveu o crescimento das raízes e

brotos de tomate (ESCUADERO & LOPEZ-LLORCA, 2012).

Outro estudo também realizado com tomate demonstrou que isolados de *P. chlamydosporia* aumentaram significativamente o crescimento radicular de tomateiro e reduziu o tempo de floração e frutificação em até 5 e 12 dias respectivamente e induziu o aumento do peso dos frutos de tomate maduros, também foi quantificada a produção de ácido indol acético e capacidade de solubilização de fosfato mineral pelo fungo (ZAVALA-GONZALEZ *et al.*, 2015).

Cepas de fungos isolados da Amazônia foram estudadas quanto a sua capacidade em solubilização de fosfato de cálcio e PCV em milho e feijão-caupi, dos 22 isolados obtidos, uma das cepas foi identificada como sendo *P. chlamydosporia*, demonstrou ser solubilizante de fosfato e promoveu crescimento nas raízes de milho e feijão-caupi (GOMEZJURADO *et al*, 2012).

Um estudo avaliou o efeito de *P. chlamydosporia* incorporado ao solo e aplicado na superfície dos canteiros de plantação de cenoura, os tratamentos em que o fungo foi aplicado na superfície dos canteiros aumentou a produção total e comercial de raízes de cenoura em 25,35 e 55,03%, respectivamente (BONTEMPO *et al.*, 2014).

P. chlamydosporia foi aplicado em raízes de cevada e os resultados demonstraram que houve colonização das raízes de forma endofítica e que o fungo promoveu efeitos de crescimento nas plantas (MACIÁ-VICENTE *et al.*, 2009).

Larriba *et al* (2015) avaliaram a colonização endofítica de raízes de cevada por *P. chlamydosporia* que demonstraram promoção de

crescimento das plantas e por meio de análise transcriptômica do gene do fungo, observaram uma regulação positiva de genes envolvidos na biossíntese de hormônios vegetais, como auxina, etileno e ácido jasmônico.

A aplicação de *P. chlamydosporia* em raízes de plantas de algodão em casa de vegetação promoveu o crescimento vegetal, aumentando em até 52% o comprimento dos rebentos, em até 111% o tamanho dos brotos e em até 37% a massa da raiz das plantas de algodão (WANG *et al.*, 2005).

Dallemole-Giaretta *et al.* (2015) avaliaram três isolados de *P. chlamydosporia* aplicados em sementes de tomate e alface, os resultados demonstraram que houve promoção de crescimento por todos os isolados e que um deles colonizou o rizoplano de mudas de tomate em apenas 15 dias e produziu grande quantidade de clamidósporos.

Um estudo avaliou a inoculação de produto a base de *Pochonia* (Klamic®) em diferentes cultivares de bananeira, foi utilizada a concentração de $5,6 \times 10^5$ clamidósporos por planta, observou-se que as plantas que receberam o inóculo apresentaram maior comprimento e biomassa quando comparadas aos tratamentos sem inoculação (HERNÁNDEZ *et al.*, 2016).

5 CULTIVO DE *Pochonia* spp.

Uma das maiores limitações para o desenvolvimento do inoculante líquido a base de fungo é a dificuldade de formulação de meio de cultura para produção em escala industrial.

Os conídios e fragmentos de hifas de *Pochonia* spp. não possuem boa taxa de sobrevivência no solo, principalmente quando

são submetidos a fungicidas ou o solo não lhes proporcionam muitos nutrientes, porém os clamidósporos são resistentes o suficiente para permanecerem muito tempo sem necessitar de uma fonte de nutrientes externa, tornando sua produção em escala um grande objetivo da formulação de inoculantes (MANZANILLA-LÓPEZ *et al.*, 2013).

Alguns autores relataram que apenas conídios e hifas de *Pochonia* são produzidos em meio líquido com agitação, os clamidósporos são produzidos apenas em cultivo estático, principalmente em fase sólida, logo a aplicação de *Pochonia* geralmente é feita por meio dos clamidósporos em substrato sólido como arroz, milho e grãos de milho triturado (MANZANILLA-LÓPEZ *et al.*, 2013). Os meios mais comuns para a produção de clamidósporos de *Pochonia* são os meios constituídos por cevada, milho ou trigo moídos com areia esterilizada (ABRANTES *et al.*, 2002).

Franco (2006) depositou uma patente com tecnologia e constituição de meio de cultura sintético para a produção de clamidósporos de *P. chlamydosporia* em meio líquido com rendimentos de 10^6 clamidósporos mL⁻¹.

Um estudo avaliou a produção de clamidósporos de *Pochonia* em diferentes substratos sólidos, concluiu-se que grãos de arroz permitiram maior produção de clamidósporos por grama de substrato independente da umidade e tipo de esterilização utilizada, o rendimento máximo obtido foi de 10^5 clamidósporos mL⁻¹ (DALLEMOLE-GIARETTA *et al.*, 2011).

Mo *et al.*, (2005), cultivaram *P. chlamydosporia* em meio líquido variando as fontes de carbono, nitrogênio, pH e razão C:N. A razão C:N de 10: 1 em pH 3,7 produziu o

rendimento máximo de conídios e uma razão C:N de 40: 1 em pH 6,8 rendeu a biomassa máxima. As fontes de carbono e nitrogênio que tiveram melhores resultados foram pó de batata doce e peptona de caseína, respectivamente.

Liu & Chen (2003) estudou vinte fontes de carbono e dezoito fontes de azoto para cultivo de *P. chlamydosporia* em fases sólida e líquida, os resultados demonstraram que o fungo cresceu melhor quando utilizado o glicogênio, inulina, D(+) galactose e amido solúvel. As melhores fontes de nitrogênio foram caseína para cultivo sólido e peptona para cultivo líquida. A ausência da vitamina B6 no meio de cultura diminuiu a produção de conídios pelo fungo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pochonia spp. é um fungo que apresenta aplicabilidade na agricultura, sua propriedade nematicida e promotora de crescimento de plantas foi comprovado em diferentes culturas agrícolas. Poucos trabalhos foram realizados visando otimizar o cultivo de *Pochonia* com perspectiva de formulação de um inoculante, sendo necessário mais estudos sobre suas exigências nutricionais.

REFERÊNCIAS

ABRANTES, I. M. De O. *et al.* A **Manual for Research on *Verticillium chlamyosporium*, a potential biocontrol agent for root-knot nematodes.** Kerry, B.R & Bourne, J.M. (eds.). IOBC/WPRS, Gent, 2002, 84 pp.

BATISTA, A. C.; FONSECA, O. M. ***Pochonia humicola* n. gen. e n. sp., uma curiosa entidade fúngica dos solos do Nordeste do Brasil.** Public Institute Micologia, v. 462, p. 1-11, 1965.

BIRD, A. F.; MCCLURE, M. A. **The tylenchid (Nematoda) egg shell: structure, composition and permeability.** Parasitology, v. 72, n. 1, p. 19-28, 1976.

BONTEMPO, A. F.; FERNANDES, R. H.; LOPES, J.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A. ***Pochonia chlamydosporia* controls *Meloidogyne incognita* on carrot.** Australasian Plant Pathology, v. 43, p. 421-424, 2014.

BUONAFINA, Júlia. **Produtividade agropecuária do Brasil é uma das que mais crescem, diz estudo.** 2017. Disponível em: <agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/201705/p-rodutividade-agropecuaria-do-brasil-e-uma-das-que-mais-crescem-diz-estudo>. Acesso em: 21 ago. 2020.

CHARCHAR, J. M. **Embrapa Hortaliças – Circular técnica (INFOTECA-E).** Brasília: Embrapa, 1999, 12 p.

DALLEMOLE-GIARETTA, R.; FREITAS, L. G.; CAIXETA, L. B.; XAVIER, D. M.; FERRAZ, S.; FABRY, C. F. S. **Produção de clamidósporos de *Pochonia chlamydosporia* em diferentes substratos.** Ciência e Agrotecnologia, v. 35, n. 2, p. 314-321, 2011.

DALLEMOLE-GIARETTA, R.; FREITAS, L. G.; CAVALLIN, I. C.; MARMENTINI, G. A.; FARIA, C. M. R.; RESENDE, J. T. V. **Avaliação de um produto à base de *Pochonia chlamydosporia*, no controle de *Meloidogyne javanica* em alface e cenoura no campo.** Nematropica, v.43, n. 1, p. 131-137, 2013.

DALLEMOLE-GIARETTA, R.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A.; SILVA, M. C. S.; KASUYA, M. C. M.; FERRAZ, S. ***Pochonia chlamydosporia* promotes the growth of tomato and lettuce plants.** Acta Scientiarum, v. 34, n. 4, p. 417-423, 2015.

DEEPA, S. P., SUBRAMANIAN, S., RAMAKRISHAN, S. **Biomangement of citrus nematode *Tylenchulus semipenetrans* Cobb on lemon, *Citrus limonia* L.** Journal Biopesticides, v.4, n. 2, 2011.

DIAS-ARIEIRA, C. R. *et al.* **Efficiency of *Pochonia chlamydosporia* in *Meloidogyne incognita* control in lettuce crop (*Lactuca sativa* L.).** Journal of Food, Agriculture and Environment, v. 9, n. 3, p. 561-563, 2011.

ESCUADERO, N.; LOPEZ-LLORCA, L. V. **Effects on plant growth and root-knot nematode infection of an endophytic GFP transformant of the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia*.** Symbiosis, v. 57, n. 1, p. 33-42, 2012.

ESTEVEZ, I.; PETEIRA, B.; ATKINS, S. D.;

MAGAN, N.; KERRY, B. **Production of extracellular enzymes by different isolates of *Pochonia chlamydosporia*.** Mycological Research, v. 113, n. 8, p. 867-876, 2009.

- EVANS, H. C.; KIRK, P. M. Systematics of *Pochonia*. In: Manzanilla-López R, Lopez Llorca L. **Perspectives in Sustainable Nematode Management Through *Pochonia chlamydosporia* Applications for Root and Rhizosphere Health.** Sustainability in Plant and Crop Protection. Ed. Springer, 2017. p.21-43.
- FRANCO, C. (Universidade de Évora) (2006) **Liquid media for chlamydospore production of the fungus *Pochonia chlamydosporia***, UE, WO2007031949.
- GARCÍA, L.; BULNES, C.; MELCHOR, G.; VEGA, E.; ILEANA, M.; DE OCA, N. M.; HIDALGO, L.; MARRERO, E. **Safety of *Pochonia chlamydosporia* var *catenulata* in acute oral and dermal toxicity/pathogenicity evaluations in rats and rabbits.** Veterinary and Human Toxicology, v. 45, n. 5, p. 248-250, 2004.
- GHAHREMANI, Z.; ESCUREDO, N.; SAUS, E.; GABALDÓN, T.; SORRIBAS, F. J. ***Pochonia chlamydosporia* Induces Plant-Dependent Systemic Resistance to *Meloidogyne incognita*.** Frontiers in Plant Science, v.10, p.1-8, 2019.
- GOMEZJURADO, M. E. G.; ABREU, L. M.; MARRA, L. M.; PFENNING, L. H.; MOREIRA, F. M. **Phosphate Solubilization by Several Genera of Saprophytic Fungi and Its Influence on Corn and Cowpea Growth.** Journal of Plant Nutrition, v.38, n.5, p. 675-686, 2012.
- HERNÁNDEZ, M. A.; DÍAZ, H. **KlamiC®: Bionematicida agrícola poducido a partir del hongo *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata*.** La Revista de Protección Vegetal, v. 23, n.2, pag. 131-134, 2008.
- HERNÁNDEZ, M. A.; ARÉVALO, J.; MARRERO-ORTEGA, J.; MARRERO-ROQUE, D.; HIDALGO-DÍAZ, L. **Effect of KlamiC® on growth stimulation of plantain and banana vitro plants.** Cultivos Tropicales, v.37, n. 4, p. 168-172, 2016.
- KERRY, B. R.; BOURNE, J. M. **A manual for research on *Verticillium chlamydosporium*, a potential biological control agente for root-knot nematodes.** Belgium: IOBC/WPRS, 2002, p. 1-84.
- LARRIBA, E.; JAIMA, M. D. L. A.; NISLOW, C.; MARTÍN-NIETO, J.; LOPEZ-LLORCA, L. V. **Endophytic colonization of barley (*Hordeum vulgare*) roots by the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia* reveals plant growth promotion and a general defense and stress transcriptomic response.** Journal of Plant Research, v. 128, p. 665-678, 2015.
- LIU, X. Z.; CHEN, S. Y. **Nutritional requirements of *P. chlamydosporia* and ARF18, fungal parasites of nematode eggs.** Invertebrate Pathology, v. 83, p. 10-15, 2003.
- LOPEZ-LLORCA, L. V.; CLAUGHER, D. **Appressoria of the nematophagous fungus *Verticillium suchlasporium*.** Micron and Microscopica Acta, v. 21, n. 3, p. 125-130, 1990.
- LOPEZ-LLORCA, L. V.; GÓMEZ-VIDAL, S.; MONFORT, E.; LARRIBA, E.; CASADO VELA, J.; ELORTZA, F.; JANSSON, H. B.; SALINAS, J.; MARTÍN-NIETO, J. **Expression of serine proteases in egg-parasitic nematophagous fungi during barley root colonization** Fungal Genetics and Biology, v. 47, n. 4, p. 342-351, 2010.
- LOPEZ-LLORCA, L. V.; OLIVARES-BERNABEU, C.; SALINAS, J.; HANS-BÖRJE, J.; KOLATTUKUDY, P. E. **Pre-penetration events in fungal parasitism of nematode eggs** Mycological Research, v. 106, n. 4, p. 499-506, 2002.
- LOPEZ-LLORCA, L. V.; ROBERTSON, W. M. **Immunochemical localization of a 32 kDa protease from the nematophagous fungus *Verticillium suchlasporium* in infected nematode eggs.** Experimental Mycology, v. 16, n.4, p. 261-267, 1992.
- MACIÁ-VICENTE, J. G.; ROSSO, L. C.; CIANCIO, A.; JANSSON, H. B.; LOPEZ LLORCA, L. V. **Colonisation of barley roots by endophytic *Fusarium equiseti* and *Pochonia chlamydosporia*: effects on plant growth and disease.** Annals of Applied Biology, v.155, n. 3, p. 391-401, 2009.
- MANZANILLA-LÓPEZ, R. H.; ESTEVES, I.; FINETTI-SIALER, M. M.; HIRSCH, P. R.; WARD, E.; DEVONSHIRE, J.; HIDALGO-DÍAZ, L. ***Pochonia chlamydosporia*: Advances and Challenges to Improve Its Performance as a Biological Control Agent of Sedentary Endo parasitic Nematodes.** The Journal of Nematology, v. 45, n. 1, p. 1-7, 2013.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **LEI Nº 6.934, DE 13 DE JULHO DE 1981.**
- MI, Q.; YANG, J.; YE, F.; GAN, Z.; WU, C.; NIU, X.; ZOU, C.; ZHANG, K. Q. **Cloning and over expression of *Pochonia chlamydosporia* chitinase gene pchi44, a potential virulence factor in infecting against nematodes.** Process Biochemistry, v. 45, n. 5, p. 810-814,2010.
- MO, M. H.; XU, C. K.; ZHANG, K. Q. **Effects of carbon and nitrogen sources, carbon-to nitrogen ratio, and initial pH on the growth of nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia* in liquid culture.** Mycopathologia, v. 159, p. 381-387, 2005.
- MONFORT, E.; LOPEZ-LLORCA, L. V.; JANSSON, H. B.; SALINAS, J.; PARK, J. O.;

- SIVASITHAMPARAM, K. **Colonization of seminal roots of wheat and barley by egg parasitic nematophagous fungi and their effects on *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* and development of root-rot.** Soil Biology and Biochemistry, v. 37, n. 7, p. 1229-1235, 2005.
- MORTON, C. O.; HIRSCH, P. R.; KERRY, B. R. **Infection of plant-parasitic nematodes by nematophagous fungi – review of the application of molecular biology to understand infection process and to improve biological control.** Nematology, v. 6, n. 2, p. 161-170, 2004.
- NAGESH, M.; HUSSAINI, S. S.; RAMAJUNAM, B.; RANGESWARAN, R. **Molecular identification, characterization, variability and infectivity of indian isolates of the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia*.** Nematologia Mediterranea, v. 35, n. 1, 2007.
- NICHOLSON, R. L.; MORAES, W. B. C. **Survival of *Colletotrichum graminicola*: importance of the spore matrix.** Phytopathology, v. 70, n. 3, p. 255-261, 1980.
- NIU, X. M. **Secondary Metabolites from *Pochonia chlamydosporia* and Other Species of *Pochonia*.** In: Manzanilla-López R, Lopez-Llorca L. Perspectives in Sustainable Nematode Management Through *Pochonia chlamydosporia* Applications for Root and Rhizosphere Health. Sustainability in Plant and Crop Protection. Cham: Ed. Springer, 2017. p. 131-168.
- PINHEIRO, J. B.; SILVA, G. O.; PEREIRA, R. B. **Nematoides na Cultura da Batata – Cicular técnica.** Brasília: Embrapa, 2015, 12 p.
- PUERTA, A.; DE LA NOVAL, B.; MARTÍNEZ, B.; MIRANDA, I.; FERNÁNDEZ, F.; HIDALGO-DÍAZ, L. **Interacción de *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata* com *Rhizobium* sp., *Trichoderma harzianum* y *Glomus clarum* en el control de *Meloidogyne incognita*.** La Revista de Protección Vegetal. v. 21, n. 2, p. 80-89, 2006.
- RAMIREZ, C. H.; ARAÚJO, A. S.; FILHO, G. M.; ROCHA, F. S.; COSTA, M. G. S.; MUNIZ, M. F. S. **Biocontrollers in the management of yam dry rot nematodes.** Diversitas Journal, v. 6, n. 1, p. 24-35, 2021.
- SEGERS, R.; BUTT, M. T.; KERRY, B. R.; BECKETT, A.; PEBERDY, J. F. **The role of the proteinase VCP1 produced by the nematophagous *Verticillium chlamydosporium* in the infection process of nematode eggs.** Mycological Research, v. 100, n. 4, p. 421-428, 1996.
- TEIXEIRA, L. A. J. *et al.* **Alterações em atributos químicos de um solo submetido à adubação e cultivado com videira ‘niagara rosada’.** Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal (SP), v. 33, n. 3, p. 983-992, Setembro 2011.
- TIKHONOV, V. E.; LOPEZ-LLORCA, L. V.; SALINAS, J.; JANSSON, H. B. **Purification and characterization of chitinases from the nematophagous fungi *Verticillium chlamydosporium* and *V. suchlasporium*.** Fungal Genetics and Biology, v. 35, n. 1, p. 67-78, 2002.
- TOBIN, J. D.; HAYDOCK, P. P. J.; HARE, M. C.; WOODS, S. R.; CRUMP, D. H. **The compatibility of the fungicide azoxystrobin with *Pochonia chlamydosporia*, a biological control agent for potato cyst nematodes (*Globodera* spp.).** The Annals of Applied Biology, v.153, n. 3, p. 301-305, 2008a.
- TOBIN, J. D.; HAYDOCK, P. P. J.; HARE, M. C.; WOODS, S. R.; CUMP, D. H. **Effect of the fungus *Pochonia chlamydosporia* and fosthiazate on the multiplication rate of potato cyst nematodes (*Globodera pallida* and *G. rostochiensis*) in potato crops grown under UK field conditions.** Biological Control, v. 46, n. 2, p. 194–201, 2008b.
- VIVANCO-CALIXTO, R.; *et al.* **Reto agrobiotecnológico: inoculantes bacterianos de segunda generación.** Alianzas y Tendencias, v. 1, n. 1, 2016.
- WANG, K.; RIGGS, R. D.; CRIPPEN, D. **Isolation, Selection, and Efficacy of *Pochonia chlamydosporia* for Control of *Rotylenchulus reniformis* on Cotton.** Phytopathology, v. 95, n. 8, p. 890-893, 2005.
- WHARTON, D. A. **Cold tolerance.** In Perry RN, Wharton DA. **Molecular and physiological basis of nematode survival.** Wallingford: Ed. CAB International, 2011. p. 182-204.
- YEN, J. H.; NIBLACK, T. L.; KARR, A. L.; WIEBOLD, W. J. **Seasonal biochemical changes in eggs of *Heterodera glycines* in Missouri.** Journal of Nematology, v. 28, n. 4, p. 442-450, 1996.
- ZARE, R.; GAMS, W.; EVANS, H. C. **A revision of *Verticillium* section *Prostrata*.** V. The genus *Pochonia*, with notes on *Rotiferophthora*. Nova Hedwigia, v.73, p. 51-86, 2001.
- ZAVALA-GONZALEZ, *et al.* **Some isolates of the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia* promote root growth and reduce flowering time of tomato.** Annals of Applied Biology, v. 166, n. 3, p. 472-483, 2015.

Flávia Luane Gomes
Universidade Federal do Tocantins

Lisandra Lima Luz

Universidade Federal do Tocantins

Manuella Costa Sousa

Universidade Federal do Tocantins

Rodrigo Silva Oliveira

Universidade Federal do Goiás

Lillian França Borges Chagas

Universidade Federal do Tocantins

Aloísio Freitas Chagas Junior

Universidade Federal do Tocantins
