

**Controle Biológico da
Podridão de Raízes Causada
por *Pythium* spp. em Cultivos
Hidropônicos**

Documentos 77

Controle Biológico da Podridão de Raízes Causada por *Pythium* spp. em Cultivos Hidropônicos

**Élida Barbosa Corrêa
Wagner Bettiol**

Exemplares dessa publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Meio Ambiente
Rodovia SP 340 - km 127,5 - Tanquinho Velho
Caixa Postal 69 13820-000, Jaguariúna, SP
Fone: (19) 3311-2650 Fax: (19) 3311-2640
sac@cpnma.embrapa.br
www.cpnma.embrapa.br

Comitê de Publicação da Unidade

Presidente: *Ariovaldo Luchiari Júnior*

Secretário-Executivo: *Luiz Antônio S. Melo*

Secretário: *Sandro Freitas Nunes*

Bibliotecária: *Maria Amélia de Toledo Leme*

Membros: *Ladislau Araújo Skorupa, Heloisa Ferreira Filizola, Adriana M. M. Pires, Emília Hamada e Cláudio M. Jonsson*

Normalização Bibliográfica: *Maria Amélia de Toledo Leme*

Editoração Eletrônica: *Alexandre Rita da Conceição*

1ª edição eletrônica
(2009)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no seu todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Corrêa, Élide Barbosa.

Controle biológico da podridão de raízes causada por *Pythium* spp. em cultivos hidropônicos. / Élide Barbosa Corrêa e Wagner Bettiol. – Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009.
26 p. : il. — (Embrapa Meio Ambiente. Documentos; 77)

1. Controle biológico. 2. Doença de planta. 3. Cultivo hidropônico.
I. Corrêa, Élide Barbosa. II. Bettiol, Wagner. I. Título. II. Série.

CDD 632.96

Autores

Élida Barbosa Corrêa

Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Agronomia pela Unesp/FCA, Campus Lageado. Rua José Barbosa de Barros 1780, Caixa Postal 237 - CEP 18610-307 Botucatu, SP.

Wagner Bettiol

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitopatologia, Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, km 127,5 - Caixa Postal 69, Tanquinho Velho, 13.820-000 Jaguariúna, SP.
bettiol@cnpma.embrapa.br

Sumário

Introdução	06
Cultivo hidropônico	08
Podridão de raízes causada por <i>Pythium</i> spp.	09
Ciclo da doença	11
Controle da podridão de raízes	13
Controle biológico da podridão de raízes causada por <i>Pythium</i> spp.	14
Promoção de crescimento	16
Controle biológico da podridão de raízes causada por <i>Pythium aphanidermatum</i> e promoção de crescimento de alface hidropônica	17
Considerações finais	19
Referências	20

Controle Biológico da Podridão de Raízes Causada por *Pythium* spp. em Cultivos Hidropônicos

Élida Barbosa Corrêa
Wagner Bettiol

Introdução

Desde sua implantação em 1930, o cultivo hidropônico de hortaliças, frutas e flores cresce em todo o mundo. A razão para tal crescimento são as vantagens de antecipação do ciclo da cultura, maior controle no planejamento da produção e maior controle do pH e da fertilidade, fatores que favorecem a obtenção de plantas com maior homogeneidade, qualidade e elevada aceitabilidade do mercado consumidor (Zinnen, 1988). Apesar de oferecer essas vantagens, os sistemas hidropônicos se caracterizam pela reduzida diversidade biológica, quando comparados aos cultivos em solo; intensivo cultivo; uniformidade genética entre as plantas e circulação contínua da solução nutritiva por todo o sistema. Assim, o ambiente hidropônico torna-se conducente à ocorrência de doenças, principalmente as podridões radiculares causadas por espécies de *Pythium* (ZINNEN, 1988; PAULITZ, 1997; UTKHEDE et al., 2000). A principal medida de controle da doença é impedir a entrada do patógeno no sistema hidropônico por meio de mudas sadias, água de boa qualidade, materiais e ferramentas não contaminadas (PAULITZ & BÉLANGER, 2001).

Após a infestação com *Pythium*, medidas culturais podem ser adotadas para a desinfestação do sistema (limpeza por meio de soluções de cloro) e da solução nutritiva (radiação ultravioleta, filtração e elevação da temperatura). Entretanto, medidas de desinfestação da solução nutritiva têm se mostrado pouco efetivas, pois não afetam a população do patógeno presente diretamente na zona de infecção e somente a população que se encontra suspensa na solução nutritiva (KHAN et al., 2003).

Medidas que minimizem o estresse das plantas devem ser adotadas para aumentar a sua resistência natural. Dentre as medidas encontram-se a manutenção da condutividade elétrica e do pH da solução nutritiva em faixas adequadas para o desenvolvimento vegetal, a eliminação de algas do sistema e a minimização dos ferimentos radiculares. O controle químico da doença não é recomendado, pois não existem fungicidas registrados para culturas hidropônicas no Brasil. Além disso, segundo Paulitz & Bélanger (2001), os trabalhadores estão sujeitos a riscos devido à necessidade de intensivos tratamentos culturais; muitos fungicidas requerem um período de re-entrada incompatível com as necessidades da cultura; em muitos sistemas a colheita é contínua não permitindo o uso de fungicidas; e finalmente, deve ser considerado o problema de selecionar isolados resistentes.

Os prejuízos acarretados por podridões radiculares, aliados à falta de medidas eficientes de controle, indicam a necessidade de se buscar alternativas eficientes de controle e ecologicamente corretas. Uma promissora e eficiente alternativa de controle da doença é a biológica, por meio da adição de microrganismos antagonistas ao patógeno no sistema hidropônico (KHAN et al., 2003; CHATTERTON et al., 2004; LIU et al., 2002; PAULITZ & BÉLANGER, 2001; UTKHEDE et al., 2000; PUNJA & YIP, 2003). Dentre as vantagens do controle biológico destaca-se a atuação dos agentes diretamente na zona de infecção, pois ambos os microrganismos competem pelos exsudados radiculares; a não contaminação ocupacional do produtor e do consumidor; além da ausência de deposição de resíduos de produtos químicos no ambiente. Dentre os microrganismos promissores estudados para o controle da doença, encontram-se *Pseudomonas chlororaphis* Tx-1 (KHAN et al., 2003), *Pseudomonas fluorescens* 63-28 (LIU et al., 2002; PAULITZ & BÉLANGER, 2001), *Bacillus subtilis* BACT-O (Utkhede et al., 2000), *Gliocladium catenulatum* J1446 (PUNJA & YIP, 2003); *Trichoderma* spp. (PAULITZ & BÉLANGER, 2001) e *Clonostachys rosea* (LIU & SUTTON, 2003).

Devido ao alto custo de implantação do cultivo hidropônico, é imprescindível a realização de medidas que incrementem a sua produção e consequentemente a receita do produtor. Dentre as formas de incremento da produção hidropônica, destaca-se a promoção de crescimento de plantas por meio da adição de microrganismos no sistema de cultivo, sendo esse incremento observado por Bochow (1992), Yedia et al. (2001), García et al. (2004) e Boehme et al. (2005). Além disso, microrganismos que promovem o crescimento colonizam a zona radicular e podem ainda atuar como agentes de controle biológico de fitopatógenos.

No presente documento serão apresentados aspectos gerais do sistema hidropônico, informações sobre a podridão de raízes causadas por *Pythium* em alface e controle biológico da podridão de raízes e promoção de crescimento de alface hidropônica.

Cultivo hidropônico

Hidroponia é a técnica de cultivo na qual o solo é substituído por uma solução nutritiva, que contém macro e micronutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas. Por causa das vantagens do sistema, como antecipação do ciclo da cultura, elevada produtividade, uso de pequenas áreas, padronização da produção, redução no uso da água, eficiência do uso de fertilizantes e por ser um sistema livre de salinização, a sua prática está aumentando entre os produtores de hortaliças, principalmente entre os localizados próximos aos centros metropolitanos (FURLANI et al., 1999).

A alface é a principal cultura produzida em hidroponia no Brasil. Entretanto, outras culturas como a rúcula, o agrião, o almeirão, a couve em folhas, o coentro, a salsinha, a cebolinha, o salsão, o tomate, o pepino, o pimentão, o morango, os tubérculos e as flores também são cultivadas neste sistema, em caráter comercial ou experimental (FAQUIN & FURLANI, 1999; MORAES & FURLANI, 1999; CHATTERTON et al., 2004; PAULITZ et al., 1992; MEDEIROS et al., 2002).

Os sistemas hidropônicos mais utilizados são o *nutrient film technique* (NFT) e o *deep film technique* (DFT) ou *floating*, com substrato e a aeroponia. O sistema NFT ou técnica de fluxo laminar caracteriza-se por ter um tanque utilizado para armazenamento da solução nutritiva, um sistema de bombeamento da solução do tanque para os canais de cultivo e um sistema de retorno para o tanque. Na técnica DFT, as raízes ficam submersas, pois a solução nutritiva forma uma lâmina profunda (5 a 20 cm) que circula por bombeamento e gravidade. O cultivo em substratos é empregado principalmente para culturas de elevado porte, como tomate e pepino, nas quais a solução nutritiva circula no substrato (areia, cascalho, pumita, perlita, argila expandida, vermiculita, lãs minerais, turfa e cascas), retornando ao tanque de armazenamento da solução nutritiva. Na aeroponia, as raízes das plantas ficam suspensas recebendo água e nutrientes por atomizadores (FAQUIN & FURLANI, 1999; FURLANI et al., 1999; FERNANDES et al., 2002; MEDEIROS et al., 2002).

Apesar do avanço do cultivo hidropônico e de suas vantagens, alguns fatores devem ser ressaltados, como o custo inicial de implantação, a necessidade de tecnologia e acompanhamento do sistema, a dependência de energia elétrica ou sistema alternativo de energia e a vulnerabilidade do sistema com relação à ocorrência de epidemias de podridões radiculares.

Podridão de raízes causada por *Pythium* spp.

Sistemas de produção hidropônicos oferecem um ambiente conducente ao desenvolvimento de epidemias, pois além da proximidade entre as plantas e, frequentemente, à baixa diversidade genotípica, estes sistemas possuem menor diversidade biológica, quando comparados com o cultivo em solo. Assim, fitopatógenos, uma vez introduzidos no ambiente, podem desenvolver-se em condições de menor competição com outros microrganismos. Além disso, propágulos de fitopatógenos são eficientemente transportados por meio da circulação da solução nutritiva (ZINNEN, 1988; PAULITZ, 1997), pois, devido à produção de zoósporos, apresentam uma vantagem biológica para a disseminação e estabelecimento do seu ciclo de vida ao ambiente aquático (PAULITZ & BÉLANGER, 2001).

Podridão de raízes causada por espécies de *Pythium* é o principal problema patológico de vegetais cultivados em sistemas hidropônicos, podendo acarretar na destruição da cultura (UTKHEDE et al., 2000). Stanghellini & Russel (1971) atribuíram perda de 100% na produção de mudas de tomate hidropônico a *Pythium aphanidermatum*. A fase de maior suscetibilidade das plantas à podridão de raízes é o início de desenvolvimento. No entanto, em todos os períodos de desenvolvimento as raízes novas podem ser parasitadas (PAULITZ & BELÁNGER, 2001).

Espécies de *Pythium* foram reclassificadas como pertencentes ao Reino Straminipila. Algumas características que compreendem a classificação destes microrganismos neste Reino são a produção de esporos assexuais com flagelos heterocontos (tipo tinsel e chicote), denominados zoósporos, produção de esporos sexuais de parede espessa, chamados oósporos, constituição da parede celular de celulose, fase vegetativa diplóide e crista mitocondrial tubular (CORLISS, 1994; WEST et al., 2003).

Nos diversos estados brasileiros, onde se pratica hidroponia, a podridão de raízes, causada por espécies de *Pythium*, é diagnosticada como a principal causa de perdas econômicas por parte dos produtores. No Pará, Santos et al.

(2005) realizaram o primeiro relato sobre a ocorrência de *Pythium* causando apodrecimento de raízes e murcha das folhas em cultivos hidropônicos de alface. Severino et al. (2005), em um levantamento realizado no período de 2003 a 2005, verificaram que o principal problema fitossanitário da cultura da alface hidropônica no norte do Estado do Paraná é a podridão radicular causada por *Pythium* e que o período mais crítico de ocorrência da doença é o verão. Consultas de produtores hidropônicos, principalmente do estado de São Paulo, no Laboratório de Microbiologia Ambiental da Embrapa Meio Ambiente, no Laboratório de Fitopatologia do Instituto Biológico em Campinas e na Clínica de Fitopatologia da ESALQ/USP apontam a podridão de raízes como o principal problema na cultura de alface.

Stanghellini & Rasmussem (1994) encontraram as espécies de *Pythium ultimum* e *Pythium aphanidermatum* mais frequentemente e com maior agressividade em culturas hidropônicas de alface nos EUA. *Pythium aphanidermatum*, *Pythium debaryanum*, *Pythium dissotocum*, *Pythium irregulare*, *Pythium myriotylum*, *Pythium ultimum* e *Pythium* spp. pertencentes ao grupo F e G foram diagnosticados como agentes causais de podridões radiculares em sistemas hidropônicos cultivados com pepino, tomate, alface e espinafre (JENKINS & AVERRE, 1983; BATES & STANGHELLINI, 1984; FAVRIN et al., 1988 e MENZIES et al., 1996). *Pythium helicooides* e *Pythium* pertencentes ao grupo F e T foram isolados de raízes de alface hidropônica de diferentes procedências do Estado de São Paulo exibindo ou não sintomas (YAÑEZ, 2000). Como curiosidade, a podridão de raízes causada por *Pythium* spp. também é considerada uma ameaça para a produção de biomassa vegetal em veículos espaciais e instalações extraterrestres, pois o fitopatógeno já foi isolado de materiais vegetais de veículos espaciais operando na órbita da Terra (SCHUERGER, 1998; JENKINS et al., 2000; NOVIKOVA, 2001).

Verifica-se maior incidência e severidade da doença nos meses de verão, sendo a temperatura um fator importante no desenvolvimento da doença. Elevadas temperaturas favorecem o desenvolvimento do patógeno e ocasionam estresses nas plantas, diminuindo a sua resistência natural. Plantas em estado de estresse e floração são mais suscetíveis ao ataque de *Pythium* devido ao aumento da exsudação radicular (HAMLEN et al., 1972). Yanez (2000) verificou que isolados de *Pythium helicooides* provocaram a morte de sementes de alface em germinação a 30°C e que na temperatura de 20°C, os isolados induziram subdesenvolvimento de plântulas acompanhado ou não de necrose dos tecidos radiculares. Além de causar enormes perdas na cultura, *Pythium* spp. também podem causar infecções sub-clínicas. Essas infecções reduzem a produção, não havendo exibição de sintomas clássicos da doença

nas plantas, ocasionando a não detecção do problema pelo produtor (UTKHEDE et al., 2000). MENZIES et al. (1996) estudaram o efeito de diferentes densidades de inóculo de *Pythium aphanidermatum* no desenvolvimento da podridão de raízes em pepino e verificaram que nas concentrações de 2×10^5 a 2×10^6 ufc/100L foi observado o escurecimento nas raízes das plantas; na concentração de 2×10^6 ufc/100L, todas as plantas morreram entre 7 e 28 dias após a inoculação, e que baixas concentrações do patógeno levaram a uma redução de crescimento e produção.

Ciclo da doença

O ciclo da podridão de raízes causada por *Pythium* spp. em sistemas hidropônicos constitui-se das fases de disseminação, infecção, colonização, reprodução e sobrevivência (Fig. 1).

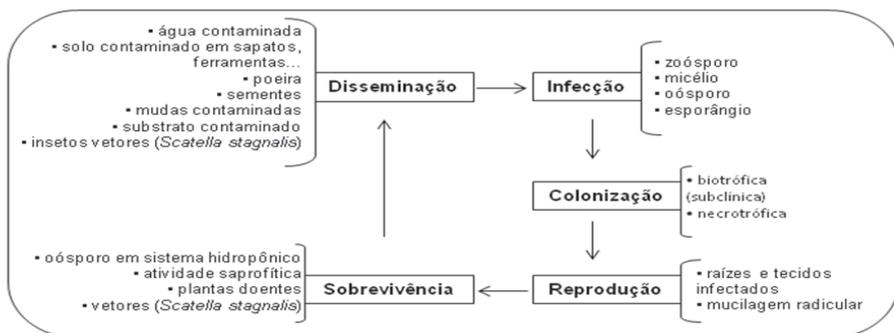


Fig. 1. Ciclo da podridão de raiz causada por *Pythium* spp. em hidroponia.

A sobrevivência de *Pythium* no sistema hidropônico pode ser por meio dos oósporos, de atividade saprofítica, de plantas doentes e por vetores (*Scatella stagnalis*). Oósporos são estruturas especializadas de sobrevivência, resultantes de reprodução sexual, que possuem parede celular espessa e são capazes de sobreviver sob altas e baixas temperaturas e em condições de baixa umidade. Além disso, podem ficar retidos nas estruturas dos sistemas hidropônicos.

A disseminação do patógeno no sistema, a curtas e longas distâncias, pode ser realizada por meio de água contaminada, solo contaminado aderido em sapatos e ferramentas, poeira, sementes, mudas, substratos e insetos vetores (REY et al., 1997; MARTIN & LOPER, 1999; OWEN-GOING et al., 2003; FAVRIN et al., 1988; GOLDBERG & STANGHELLINI, 1990). No entanto, a principal forma de disseminação de *Pythium* no sistema de produção é por meio de mudas infectadas (SUTTON et al., 2006). A água é um importante veículo de disseminação do patógeno, porque espécies de *Pythium* são habitantes naturais de rios e lagoas. Portanto, quando se utiliza água proveniente de rios e lagoas para preparo da solução nutritiva, as chances de introdução do patógeno no sistema são elevadas. Moscas que se alimentam de algas, frequentemente encontradas em sistemas hidropônicos, como *Scatella stagnalis*, são insetos vetores do patógeno. Ao se alimentarem das algas, também se alimentam de raízes de pepino colonizadas por *Pythium*, sendo suas larvas capazes de transmitir o fitopatógeno para plantas saudáveis (GOLDBERG & STANGHELLINI, 1990).

As estruturas infectivas produzidas por espécies de *Pythium* são os esporângios, zoósporos, micélio e oósporos. Esporângios e oósporos podem germinar diretamente por meio da formação do tubo germinativo ou indiretamente produzindo zoósporos. No entanto, as principais estruturas de infecção das raízes são os zoósporos e o micélio (ENDO & COLT, 1974). A infecção dos zoósporos na superfície das raízes segue as etapas de atração, fixação, encistamento, germinação do cisto e orientação do tubo de germinação. A infecção por zoósporos na epiderme radicular pode ocorrer em um período de cinco minutos, seguido de rápido desenvolvimento na zona de alongação das raízes (STANGHELLINI & RASMUSSEN, 1994). Isolados virulentos podem produzir inóculo secundário para outras plantas dentro de 24 horas (JOHNSTONE, 2001).

A colonização de raízes de plantas cultivadas em sistemas hidropônicos por *Pythium* spp. pode seguir um estágio biotrófico e outro necrotrófico de desenvolvimento. Owen-Going et al. (2003) verificaram colonização biotrófica e necrotrófica de *Pythium aphanidermatum* e *Pythium dissotocum* em raízes de plantas de pepino. O estágio biotrófico inicia logo após a penetração, quando não há desenvolvimento de sintomas aparentes seguido por um estágio necrotrófico. Na fase necrotrófica, as raízes se tornam descoloridas, adquirindo coloração que varia de diferentes tons de marrom (*Pythium aphanidermatum*) a amarelo (*Pythium dissotocum*). A reprodução de *Pythium* spp. no cultivo hidropônico pode ser assexuada (zoósporos) ou sexuada (oósporos), em raízes e tecidos infectados e na mucilagem radicular.

A sintomatologia clássica da doença é a podridão de raízes. Além da podridão, as plantas parasitadas por *Pythium* podem exibir subdesenvolvimento, acompanhado de diminuição de área foliar e frutificação e murcha (ZHENG et al., 2000). Alterações estruturais nas raízes, como mudanças arquiteturais, subdesenvolvimento, engrossamento e proliferação de raízes também ocorrem nas raízes parasitadas por *Pythium* spp. em diferentes tipos de culturas desenvolvidas em sistemas hidropônicos como pepino, crisântemo e alface (SUTTON et al., 2000; OWEN-GOING et al., 2003; SUTTON et al., 2006). Embora considerado um patógeno de zonas corticais das raízes, *Pythium* spp., apresentam capacidade de desenvolverem-se em tecidos vasculares, como *Fusarium* spp. e *Verticillium* spp. (CHÉRIF et al., 1991).

Controle da podridão de raízes

Apesar de observações realizadas por Pinto et al. (2006) de que as variedades Regina e Elisa, de alface lisa, apresentaram menor severidade da doença do que as variedades crespas Vera e Verônica, o controle genético, por meio de cultivares resistentes, ainda é pouco explorado, pois não existem cultivares com esta característica disponíveis no mercado. Assim, a principal forma de controle da doença é a preventiva, evitando a entrada do patógeno no sistema, principalmente, por meio da utilização de água de boa qualidade e mudas sadias.

Métodos culturais como a esterilização ou a desinfestação da solução nutritiva por meio da radiação UV (STANGHELLINI et al., 1984), filtragem (Goldberg et al., 1992), ozonização e o uso de surfactantes (STANGHELLINI & MILLER, 1997) estão sendo avaliados para controle, porém a utilização comercial é limitada (MENZIES & BÉLANGER, 1996; PAULITZ, 1997; PAULITZ & BÉLANGER, 2001) e estes métodos possuem o inconveniente de não afetar a população do patógeno presente na zona de infecção (KHAN et al., 2003). Tanaka et al. (2003) desenvolveram um sistema automatizado de aquecimento solar para tratamento térmico da água para controle de fitopatógenos que atinge a temperatura de 60°C e elimina propágulos de *Pythium* spp.

Métodos químicos, como a utilização de fungicidas, não são recomendados, pois não existem produtos registrados para essa finalidade e podem causar fitotoxicidade. Utkhede et al. (2000) testaram a capacidade de fosetyl-Al e metalaxyl em controlar a podridão de raiz causada por *Pythium aphanidermatum* em alface sob cultivo hidropônico e demonstraram que os fungicidas foram fitotóxicos às plantas causando redução de peso de parte

aérea e radicular. Segundo Cohen & Coffee (1986), a aplicação destes fungicidas é eficiente no controle de doenças causadas por espécies de *Pythium* em cultivos em que o substrato utilizado é o solo. O efeito fitotóxico observado nas plantas em cultivo hidropônico pode ser explicado pela falta do poder tamponante do solo (UTKHEDE et al., 2000).

Controle biológico da podridão de raízes causada por *Pythium* spp.

O controle biológico da podridão de raízes causada por espécies de *Pythium* é um dos métodos mais promissores e eficientes para o controle da doença (KHAN et al., 2003; CHATTERTON et al., 2004; LIU et al., 2002; PAULITZ & BÉLANGER, 2001; UTKHEDE et al., 2000; PUNJA & YIP, 2003; SUTTON et al., 2006). Além de não apresentar os inconvenientes do controle químico, a utilização do controle biológico em hidroponia tem a vantagem da atuação de agentes de biocontrole ser diretamente na zona de infecção do fitopatógeno, pois ambos os microrganismos competem pelos exsudados presentes na zona radicular. Bactérias dos gêneros *Bacillus* e *Pseudomonas* são as mais estudadas para o controle de doenças em sistemas hidropônicos e são promissores agentes de biocontrole da podridão de raízes.

A aplicação de *Bacillus subtilis* (1×10^9 ufc/L do produto comercial Boost®) protegeu as plantas da diminuição de biomassa causada pela infecção do patógeno, aumentando a sua massa em 21,5 a 28,4% quando comparado à testemunha inoculada com *Pythium aphanidermatum* (UTKHEDE et al., 2000). Serenade® (AgraQuest Inc., Davis, Ca, USA) é um produto biológico formulado com *Bacillus subtilis* (isolado QST 713) utilizado nos mais diferentes vegetais cultivados para controle de uma ampla gama de fitopatógenos causadores de podridões de órgãos de reserva, podridão de colo e raiz, murchas vasculares, manchas foliares, oídio e míldio, sendo comercializado para utilização no controle de doenças em hidroponia (HOMEGROWN, 2007; SERENADE, 2007).

A capacidade do isolado bacteriano Tx-1 de *Pseudomonas chlororaphis* em controlar a podridão de raízes de pepino, causada por *Pythium aphanidermatum*, cultivado em sistema hidropônico, foi demonstrado por Khan et al. (2003). A destruição da mucilagem aderida às raízes de pepino hidropônico por *Pseudomonas chlororaphis* atua no controle da podridão de raízes causada por *Pythium aphanidermatum*, pois a bactéria elimina a base alimentar saprofítica do patógeno e a fonte de atração e germinação dos zoósporos representada pela mucilagem (ZHENG et al., 2000). Quando

Pseudomonas chlororaphis (Tx-1) foi aplicada na solução nutritiva de um sistema hidropônico contendo pimentão e infestada com *Pythium aphanidermatum*, o isolado bacteriano foi capaz de proteger as plantas dos danos causados pela doença e controlar a podridão de raízes, mantendo a produtividade das plantas em diferentes condições ambientais. A manutenção da população de *Pseudomonas chlororaphis* (Tx-1) em 10^5 ufc/g de raiz fresca e a aplicação da bactéria três dias antes da inoculação com os patógenos são suficientes para proporcionar o controle da podridão de raízes causada por *Pythium aphanidermatum* e *Pythium dissotocum* em plantas de pepino cultivadas em sistemas hidropônicos. A manutenção de uma densidade adequada de *Pseudomonas* nas raízes é essencial para o sucesso de controle de *Pythium*. Em raízes inoculadas com *Pythium*, a população de *Pseudomonas* se mantém em elevadas densidades. Entretanto, nas raízes sem a presença do fitopatógeno a população da bactéria decresce rapidamente. Esse fato demonstra que existe uma associação entre *Pseudomonas chlororaphis* e *Pythium* nas raízes infectadas. Essa associação pode ser explicada pelo aumento dos exsudados radiculares liberados pelos tecidos doentes, o que ocasiona o crescimento da população da bactéria, resultando em sinais intracelulares para a produção do antibiótico fenazina, resultando em controle do patógeno (CHATTERTON et al., 2004). *Pseudomonas chlororaphis* (Tx-1) (= *Pseudomonas aureofaciens*) foi registrada pela Turf Science Laboratories, Inc., National City, CA, Estados Unidos, e tem a capacidade de colonizar raízes de plantas, suprimindo o desenvolvimento da podridão de raízes.

Espécies de *Trichoderma* são os antagonistas mais estudados para o controle biológico. Atualmente, existem diversos produtos registrados à base de *Trichoderma* para controle de doenças e inclusive para o controle da podridão de raízes induzida por *Pythium* (PAULITZ & BÉLANGER, 2001; HOWELL, 2003). Entretanto, Corrêa & Bettiol (dados não publicados) verificaram que esse agente de biocontrole pode colonizar intensamente as raízes e dessa forma competirem com a disponibilidade de oxigênio para as plantas, causando redução no desenvolvimento. Portanto, há necessidade de sua aplicação ser acompanhada adequadamente quando o cultivo hidropônico é diretamente na solução nutritiva.

Hidroguard™ é um bio-fungicida produzido pela Botanicare e constitui-se em um protetor radicular, que atua contra o ataque dos patógenos causadores de podridões radiculares. Sua forma de atuação é pela formação de uma barreira que protege as raízes de infecções de patógenos. A sua utilização pode ser realizada em culturas desenvolvidas em hidroponia e no solo. O produto tem

como base uma mistura das seguintes bactérias *Bacillus subtilis*, *Paenibacillus polymyxa*, *Bacillus circulans* e *Bacillus amyloliquefaciens* (Tcs-Hydroponics, 2007). É importante considerar que outros produtos comerciais são disponíveis e as informações são disponíveis nos diversos meios de comunicação.

Produtos orgânicos, como quitosana e emulsão de peixe, apresentam potencialidade para o controle da doença. El Ghaouth et al. (1994) aplicaram quitosana em plantas de pepino cultivadas em sistema hidropônico e verificaram o controle da podridão de raízes induzida por *Pythium aphanidermatum* e a indução de alguns mecanismos de defesa como barreiras estruturais nos tecidos radiculares e a produção de enzimas antifúngicas como quitinases e β -1,3-glucanase nas raízes e folhas. O produto Dramm Corp, formulado à base de emulsão de peixe, tem-se mostrado eficiente no controle da podridão de raízes causada por *Pythium* e *Fusarium oxysporum* em plantas de pepino, promovendo o desenvolvimento vigoroso do sistema radicular (John C. Sutton, comunicação pessoal, 2005).

Promoção de crescimento

A promoção de crescimento das plantas mediada por microrganismos é realizada por meio de vários mecanismos, como a produção de fitohormônios estimuladores do crescimento (DATTA et al., 1982), a mobilização do fosfato (DE FREITAS et al., 1997; DATTA et al., 1982), a produção de sideróforos (HARMAN et al., 2004), a produção de antibióticos (HARMAN et al., 2004; LUZ, 1996), a inibição da síntese de etileno (GLICK et al., 1997), a indução de resistência das plantas contra fitopatógenos (RAMAMOORTHY et al., 2001) e pela eliminação dos microrganismos deletérios e de seus metabólitos tóxicos presentes na zona radicular (HARMAN et al., 2004). A promoção de crescimento em cultivo hidropônico é importante, pois pode reduzir os custos de produção.

Trichoderma, *Clonostachys*, *Bacillus* e *Pseudomonas* são microrganismos associados à promoção de crescimento. Entretanto, outros microrganismos apresentam essa característica, como os formadores de micorrizas e os fixadores de nitrogênio. A promoção de crescimento de pepino, cultivado em sistema hidropônico, por *Trichoderma* e *Clonostachys rosea* foi verificada por Yedidia et al. (2001) e Liu & Sutton (2002), respectivamente. Com *Trichoderma*, Yedidia et al. (2001) verificaram também maior absorção de nutrientes (Zn, P e Mn). Por outro lado, Liu & Sutton (2002) discutem que a eliminação de microrganismos deletérios presentes na zona radicular é o provável mecanismo responsável pela promoção de crescimento das plantas.

Bactérias pertencentes ao gênero *Bacillus*, utilizadas como agentes de controle biológico em diversas culturas, são capazes de promover o crescimento das plantas por meio da produção de hormônios de crescimento e da mobilização de fósforo e nitrogênio para as plantas. García et al. (2004) verificaram que a adição de suspensões de 10^8 células/mL de *Bacillus licheniformis* por planta de tomate, cultivada em sistema hidropônico, proporcionou aumento na produtividade e no diâmetro dos frutos.

Controle biológico da podridão de raízes causada por *Pythium aphanidermatum* e promoção de crescimento de alface hidropônica

O estudo desenvolvido por Corrêa (2006) teve por objetivo estudar a capacidade de *Trichoderma harzianum*, *Clonostachys rosea*, *Bacillus subtilis* e *Paenibacillus lentimorbus* para o controle biológico da podridão de raízes e para a promoção de crescimento de plantas de alface, da cultivar crespa Vera, cultivadas em sistema hidropônico de fluxo laminar de nutrientes (NFT). O potencial de promoção de crescimento de *Clonostachys rosea* e *Trichoderma harzianum* foi avaliado adicionando-se, nos tanques de solução nutritiva, os microrganismos nas concentrações de 10^4 , 10^5 , 10^6 e 10^7 células/mL. Para *Bacillus subtilis* e *Paenibacillus lentimorbus*, como as bactérias foram produzidas em meio líquido, foi avaliada a capacidade de promoção de crescimento introduzindo, na solução nutritiva, meio de cultura fermentado ou não pelas bactérias, contendo células e metabólitos, nas concentrações de 0%; 0,1%; 1% e 10%. O meio de cultura sem as bactérias, nas mesmas concentrações, foi utilizado como testemunha. *Trichoderma harzianum*, *Clonostachys rosea* e *Paenibacillus lentimorbus* não promoveram o crescimento das plantas, sendo que a adição de 10^7 conídios/mL de *Trichoderma harzianum* comprometeu o desenvolvimento das plantas, diminuindo sua biomassa. No entanto, a adição do meio de cultura fermentado por *Bacillus subtilis*, nas concentrações de 0,1% e 1% aumentou a massa da parte aérea das plantas em 13% e 18%, respectivamente. A aplicação na concentração de 10% do meio de cultura, fermentado ou não por *B. subtilis*, prejudicou o desenvolvimento das plantas.

A avaliação do controle biológico da doença foi realizada, em outro experimento, com o fungo *Clonostachys rosea* e com as bactérias *Bacillus subtilis* e *Paenibacillus lentimorbus*, utilizando as concentrações desses microrganismos que proporcionaram os melhores resultados no estudo com a promoção de crescimento. A capacidade de *Clonostachys rosea* em controlar a podridão de raiz foi avaliada por meio da aplicação do agente de controle biológico (concentração de 10^6 conídios/mL de solução nutritiva), nos tanques de solu-

ção nutritiva três dias antes e no momento da inoculação do patógeno; e três dias antes, no momento e três dias após a inoculação do patógeno. *Bacillus subtilis* e *Paenibacillus lentimorbus* foram avaliados como agentes de biocontrole da podridão de raiz por meio da adição dos meios de cultura fermentados pelas bactérias na concentração de 1% da solução nutritiva, dois dias antes e quatro dias após a inoculação do patógeno. Os sintomas observados no ensaio de controle biológico da podridão de raízes com *Clonostachys rosea* foi o subdesenvolvimento das plantas, ocasionado pela infecção biotrófica do patógeno, sem sintomas de podridão de raízes. A aplicação de *Clonostachys rosea* protegeu as plantas dos danos causados pelo patógeno, não havendo diminuição da massa das plantas nos tratamentos que receberam o agente de biocontrole. Além de proteger as plantas, a aplicação de *Clonostachys rosea* diminuiu a incidência do patógeno nas raízes, sendo três aplicações mais eficientes, do que duas, em diminuir a incidência. A eficiência de um agente de biocontrole de doenças radiculares está diretamente relacionada com a sua capacidade de colonização rizosférica. *Clonostachys rosea* foi recuperado das raízes das plantas onde foi aplicado, verificando-se sua capacidade de colonização rizosférica em sistema hidropônico.

Comportamento semelhante ao do *Clonostachys rosea* foi observado no experimento com *Bacillus subtilis* e *Paenibacillus lentimorbus* com relação à sintomatologia da doença. A aplicação das bactérias na solução nutritiva proporcionou a proteção da diminuição da biomassa da parte aérea das plantas, sendo essa equivalente à testemunha sem inoculação. Diminuição da incidência do patógeno no sistema radicular também foi proporcionada pela adição das bactérias, sendo *Paenibacillus lentimorbus* mais eficiente em eliminar o patógeno nas raízes das plantas.

Dentre os sintomas provocados pela podridão de raiz em alface hidropônico, o subdesenvolvimento destaca-se como um sintoma comum e importante. O sintoma é comum porque ocorre como parte do processo de infecção do patógeno e importante, porque não é diagnosticado pelo produtor, resultando em perdas econômicas, devido ao fato de muitos produtores venderem sua produção pela biomassa.

Considerações finais

A busca por alternativas de controle da podridão de raízes, causada por espécies de *Pythium*, em sistemas hidropônicos é de imprescindível importância para a continuidade da expansão dessa técnica de cultivo. Dentre as alternativas de controle da podridão de raízes destaca-se a biológica. O potencial de utilização do controle biológico em hidroponia está no fato dos agentes de biocontrole atuarem no sítio de infecção do patógeno; de serem facilmente introduzidos no sistema por meio da adição na solução nutritiva; e de sofrerem menor competição com os microrganismos nativos, devido à menor diversidade biológica do ambiente hidropônico. No entanto, um entrave ao controle biológico em hidroponia é a baixa adaptação dos agentes de biocontrole utilizados. Esse fato pode ser explicado devido à maioria dos agentes de biocontrole serem nativos do solo e não se adaptarem ao ambiente aquático. O sucesso do controle biológico em hidroponia está na utilização de um microrganismo adaptado ao ambiente aquático, podendo esse ser isolado de cultivos hidropônicos comerciais sem histórico da doença e/ou de ambientes naturais com características semelhantes ao sistema hidropônico. Até o momento, no Brasil, não existem agentes de controle biológico registrados para uso em hidroponia visando ao controle da podridão de raízes. Entretanto, diversos grupos desenvolvem produtos com essa finalidade e, com certeza, em pouco tempo produtos estarão disponíveis para os agricultores.

Referências

- BATES, M.L.; STANGHELLINI, M.E. Root rot hydroponically grown spinach caused by *Pythium aphanidermatum* and *Pythium dissotocum*. **Plant Disease**, v.68, p. 989-991, 1984.
- BOEHME, M.; SCHEVTSCHENKO, J.; PINKER, I. Effect of biostimulators on growth of vegetables in hydroponical systems. **Acta-Horticulturae**, v. 697, p.337-344, 2005.
- BOCHOW, H. Phytosanitary effects of *Bacillus subtilis* as biocontrol agent. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OVER FYTOFARMACIEN-FYTIATRIE, 1992, Gent. v. 57, n. 2b, 1992. p. 387-393.
- CHATTERTON, S.; SUTTON, J. C.; BOLAND, G.J. Timing *Pseudomonas chlororaphis* applications to control *Pythium aphanidermatum*, *Pythium dissotocum*, and root rot in hydroponic peppers. **Biological control**, v. 30, p. 360-373, 2004.
- CHÉRIF, M.; BENHAMOU, N.; BÉLANGER, R.R. Ultrastructural and cytochemical studies of fungal development and host reactions in cucumber plants infected by *Pythium ultimum*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 39, p. 353-375, 1991.
- COHEN, Y.; COFFEE, M.D. Systemic fungicides and the control of Oomycetes. **Annual Review of Phytopathology**, v. 24, p. 311-338, 1986.
- CORRÊA, E.B. **Controle da podridão de raiz (*Pythium aphanidermatum*) e promoção de crescimento em alface hidropônica**. 2006. 93f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, 2006.
- CORLISS, J. An interim utilitarian ('User-friendly') hierarchical classification and characterization of the protists. **Acta Protozoologica**, v. 33, p. 1-51, 1994.
- DATTA, M.; BANIK, S.; GUPTA, K. Studies on the efficacy of a phytohormone producing phosphate solubilizing *Bacillus firmus* in augmenting paddy yield in acid soils of Nagaland. **Plant and Soil**, v.69, p.365-373, 1982.

DE FREITAS, J.R.; BANERJEE, M.R.; GERMIDA, J.J. Phosphate-solubilizing rhizobacteria enhance the growth na yield but not phosphorus uptake of canola (*Brassica napus* L.). **Biology Fertilization Soils**, v. 24, p. 358-364, 1997.

EL GHAOUTH, A.; ARUL, J.; GRENIER, J.; BENHAMOU, N.; ASSELIN, A.; BÉLANGER, R. Effect of chitosan on cucumber plants: suppression of *Pythium aphanidermatum* and Induction of defense reactions. **Phytopathology**, v. 84, n. 3, p.313-320, 1994.

ENDO, R.; COLT, W. Anatomy, cytology and physiology of infection by *Pythium*. **Proceedings of the American Phytopathological Society**, v. 1, p. 215-223, 1974.

FAQUIN, V.; FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, v.20, n. 200/201, p. 99-104, 1999.

FAVRIN, R.J.; RAHE, J.E.; MAUZA, B. *Pythium* spp. associated with crown rot cucumbers in British Columbia greenhouses. **Plant Disease**, v. 72, p. 683-687, 1988.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; FONSECA, M.C.M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.2, p.195-200, 2002.

FURLANI, P.R.; BOLONHEZI, D.; SILVEIRA, L.C.P.; FAQUIN, V. Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de soluções nutritivas. **Informe Agropecuário**, v.20, n. 200/201, p. 90-98, 1999.

GARCÍA, L. J. A.; PROBANZA, A.; RAMOS, B.; PALOMINO, M.R.; MAÑERO, F.J.G. Effect of inoculation of *Bacillus licheniformis* on tomato and pepper. **Agronomie**, v.24, p. 169-176, 2004.

GLICK, B.R.; LIU, C.; GHOSH, S.; DUMBROFF, E.B. Early development of canola seedlings in the presence of the plant growth-promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2. **Soil Biology Biochemistry**, v.29, p. 1233-1239, 1997.

GOLDBERG, N.P.; STANGHELLINI, M.E. Ingestion-egestion and aerial transmission of *Pythium aphanidermatum* by shore flies (Ephydrinae: *Scatella stagnalis*). **Phytopathology**, v. 80, n. 11, p. 1244-1246, 1990.

GOLDBERG, N.P.; STANGHELLINI, M.E.; RASMUSSEN, S.L. Filtration as a method of controlling *Pythium* root rot of hidroponically grown cucumbers. **Plant Disease**, v. 76, p. 777-779, 1992.

HAMLEN, R.; LUKEZIC, F.; BLOOM, J. Influence of age and stage of development on the neutral carbohydrate components in root exudates from alfalfa plants grown in gnotobiotic environment. **Canadian Journal Plant Science**, v.52, n.4, p.633-642, 1972.

HARMAN, G.E.; HOWELL, C.R.; VITERBO, A.; CHET, I.; LORITO, M. *Trichoderma* species – opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviews –Microbiology**, v. 2, p. 43-55, 2004.

HOME GROWN. Disponível em: <<http://homegrown-hydroponics.com/info.html>>. Acesso em: 20 de maio de 2007.

HOWELL, C.R. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. **Plant Disease**, v.87, p.4-10, 2003

JENKINS, D.G.; COOK, K.L.; GARLAND, J.L.; BOARD, K.F. *Pythium* invasion of plant-based life support systems: Biological control and sources. **Life Support Biosphere Science**, v. 7, n. 2, p. 209-218, 2000.

JENKINS, S.F.; AVERRE, C.W. Root diseases of vegetables in hydroponic culture systems in North Carolina greenhouses. **Plant Disease**, v. 67, p. 968-970, 1983.

JOHNSTONE, M.B. **Canopy and leaf gas exchange accompanying *Pythium* root rot of lettuce and *Chrysanthemum***. Guelph, 2001. 126p Thesis (Master of Science in Horticulture) - University of Guelph, 2001.

KHAN, A.; SUTTON, J.C.; GRODZINSKI, B. Effects of *Pseudomonas chlororaphis* and root rot in peppers grown in small-scale hydroponic troughs. **Biocontrol Science and Technology**, v. 13, n.6, p.615-630, 2003.

LIU, W.; SUTTON, J.C. Effectiveness of microbial agents to protect *Pythium* root rot in hydroponic cucumber. *B&C Tests*, v. 18, p.1-2, 2003. Disponível em: < www.apsnet.org/online/BCtests/reports/2003/V023.pdf >. Acesso em: 29/11/2007.

LIU, W.; SUTTON, J.C.; KHAN, A.; GRODZINSKI, B. Effectiveness of five bacterial agents against root diseases caused by *Pythium aphanidermatum* and *Pythium dissotocum* in hydroponic chrysanthemum. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v.24, p.377, 2002.

LUZ, W.C. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas e de bioproteção. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 4, p. 1-49, 1996.

MARTIN, F.N.; LOPER, J.E. Soilborne plant diseases caused by *Pythium* spp.: ecology, epidemiology, and prospects for biological control. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.18, p.111-181, 1999.

MEDEIROS, C.A.B.; ZIEMER, A.H.; DANIELS, J.; PEREIRA, A.S. Produção de sementes pré-básicas de batata em sistemas hidropônicos. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.1, p.110-114, 2002.

MENZIES, J.G.; BÉLANGER, R.R. Recent advances in cultural management of diseases of greenhouse crops. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 18, p. 186-193, 1996.

MENZIES, J.G.; EHRET, D.L.; STAN, S. Effect of inoculum density of *Pythium aphanidermatum* on the growth and yield of cucumber plants grown in recirculating nutrient film culture. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 18, p. 50-54, 1996.

MORAES, C.A.G.; FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças de frutos em hidroponia em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, v.20, n. 200-201, p. 105-113, 1999.

NOVIKOVA, N.D. Basic patterns of microflora development in the environment of orbital complex Mir. **Aviakosmicheskaia i Ekologicheskaia Meditsina**, v.35, n.1, p. 32-40, 2001.

OWEN-GOING, .N.; SUTTON, J.C.; GRODZINSKI, B. Relationships of *Pythium* isolates and sweet pepper plants in single-plant units. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 25, p.155-167, 2003.

PAULITZ, T. Biological control of root rot pathogens in soilless and hydroponic systems. **HortScience**, v.32, n.2, p. 193-196, 1997.

PAULITZ, T. C.; BÉLANGER, R.R. Biological control in greenhouse systems. **Annual Review of Phytopathology**, v. 39, p. 103-133, 2001.

PAULITZ, T.C.; ZHOU, T.; RANKIN, L. Selection of rhizosphere bacteria for biological control of *Pythium aphanidermatum* on hydroponically-grown cucumber. **Biological Control**, v.2, p. 226-237, 1992.

PINTO, Z.V.; CIPRIANO, M.A.C.P.; SANTOS, A.S.; BETTIOL, W.; PATRÍCIO, F.R.A. Seleção de variedades de alface no controle de *Pythium aphanidermatum* em sistema hidropônico. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31 (S), p.260-261. 2006.

PUNJA, Z.K; YIP, R. Biological control of damping-off and root rot caused by *Pythium aphanidermatum* on greenhouse cucumbers. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 25, p. 411-417, 2003.

RAMAMOORTHY, V.; VISWANATHAN, R.; RAGUCHANDER, T.; PRAKASAN, V.; SAMIYAPPAN, R. Induction of systemic resistance by plant growth promoting rhizobacteria in crop plants against pests and diseases. **Crop Protection**, v.20, p. 1-11, 2001.

REY, P.; NODET, P.; TIRILLY, Y. *Pythium* F induces a minor but ubiquitous disease in tomato soilless cultures. **Journal of Plant Pathology**, v. 79, n. 3, p. 173-180, 1997.

SANTOS, A.C.; POLTRONIERI, L.S.; SANTOS, I.P.; JUNIOR, I.M.; CUNHA, V.F.; CARDOSO, S.S. Ocorrência de *Pythium* sp. em alface hidropônico no Estado do Pará. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, p. S137, 2005.

SERENADE. Disponível em: <<http://www.agraquest.com/products/serenade/index.html#formulations>>. Acesso em: 15 de março de 2007.

SEVERINO, J.J.; CAIXETA, M.P.; AGUIAR, R.L.; TESSMANN, D.J.; VERSIGNASSI, J.R.; VIDA, J.B. Podridão de *Pythium* sp. causando severos danos em alface hidropônica. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, p. S141, 2005.

SCHUERGER, A.C. Microbial contamination of advanced life support (ALS) systems poses a moderate threat to long-term stability of space-based bioregenerative systems. **Life Support Biosphere Science**, v. 5, n. 4, p. 325-337, 1998.

STANGHELLINI, M.E.; RUSSEL, J.D. Damping-off of tomato seedlings in commercial hydroponic culture. **Progress in Agriculture Arizona**, v. 23, n.5, p.15-16, 1971.

STANGHELLINI, M.E.; STOWELL, L.J.; BATES, M.L. Control of root rot of Spinash caused by *Pythium aphanidermatum* in a recirculating hydroponic system by ultraviolet irradiation. **Plant Disease**, v. 68, p. 1075-1076, 1984.

STANGHELLINI, M.E.; RASMUSSEN, S.L. Hidroponics: A solution for zoosporic pathogens. **Plant Disease**, v. 78, p. 1129-1138, 1994.

STANGHELLINI, M.E.; MILLER, R.M. Bio-surfactantes: their identity and potential efficacy in the biological control of zoosporic plant pathogens. **Plant Disease**, v. 81, p. 4-12, 1997.

SUTTON, J.C.; YU, H.; GRODZINSKI, B.; JOHNSTONE, B. Relationships of ultraviolet radiation dose and inactivation of pathogen propagules in water and hydroponic nutrient solutions. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v.22, p.300-309, 2000.

SUTTON, J.C.; SOPHER, C.R.; OWEN-GOING, T.N.; LIU, W.; GRODZINSKI, B.; HALL, J.C.; BENCHIMOL, R.L. Etiology and epidemiology of *Pythium* root rot in hydroponic crops: current knowledge and perspectives. **Summa Phytopathologica**, v. 32, n.4, 2006.

TANAKA, M.A.S.; ITO, M. F.; BRAGA, C.A.S; ARMOND, G. Tratamento térmico solar da água para controle de fitopatógenos. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p.386-393, 2003.

UTKHEDE, R.S.; LÉVESQUE, C.A.; DINH, D. *Pythium aphanidermatum* root rot in hydroponically-grown lettuce and the effect of chemical and biological agents on its control. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 22, p. 138-144, 2000.

WEST, P.V.; APPIAH, A.A.; NEIL, A.R.G. Advances in research on oomycete root pathogens. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 62, p. 99-113, 2003.

YEDIDIA, I.; SRIVASTVA, A. A.K.; KAPULNIK, Y.; CHET, I. Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increase growth of cucumber plants. **Plant Soil**, v. 235, n.2, p. 235-242, 2001.

YAÑEZ, L.D.T. **Identificação, patogenicidade e sensibilidade a produtos químicos *in vitro* de espécies de *Pythium* de cultura hidropônica de alface (*Lactuca sativa* L.)**. Piracicaba, 2000. 74p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000.

ZHENG, J.; SUTTON, J.C.; YU, H. Interactions among *Pythium aphanidermatum*, roots, root mucilage, and microbial agents in hydroponic cucumbers. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 22, n. 4, p. 368-379, 2000.

ZINNEN, T. M. Assessment of plant diseases in hydroponic culture. **Plant Disease**, n.2, p. 96-99, 1988.