

Capítulo 12

Supressividade a Fitopatógenos Habitantes do Solo

Wagner Bettiol^{1*}; Raquel Ghini^{1*}; Rosa R.L. Mariano^{2*};
Sami J. Michereff^{2*}; Liliana P. V. Mattos¹;
Indira C. M. Alvarado² & Zayame V. Pinto^{1*}

¹Embrapa Meio Ambiente, CP 69; 13820-000 Jaguariúna, SP, Brasil, e-mail: bettiol@cnpma.embrapa.br; raquel@cnpma.embrapa.br. ²UFRPE, Av. Dom Manoel de Medeiros s/n 52171-900 Recife, PE, Brasil, e-mail: rmariano@truenet.com.br, sami@depa.ufrpe.br. *Bolsistas do CNPq.

Introdução

O fenômeno de alguns solos prevenirem naturalmente o estabelecimento de patógenos ou inibirem as suas atividades patogênicas é denominado supressividade e os solos com essas características, denominados solos supressivos, opostos de solos conducentes. Assim, existem solos que suprimem os patógenos (capacidade do solo para reduzir a densidade de inóculo e suas atividades saprofíticas), enquanto outros suprimem a doença (capacidade do solo reduzir a severidade da doença, mesmo com alta densidade de inóculo e capacidade de sobrevivência do patógeno) (Bettiol & Ghini, 2005). Há relatos de solos supressivos para *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Sclerotium*, *Sclerotinia*, *Phytophthora*, *Verticillium*, *Gaeumannomyces* e outros.

O termo solo supressivo foi utilizado pela primeira vez por Menzies, em 1959, em trabalho relacionando tipos de solos com a ocorrência e a severidade da sarna da batatinha, na Califórnia. Entretanto, a primeira referência da capacidade dos solos em controlar doenças das plantas foi de Atkinson, em 1889, ao reconhecer que a murcha de *Fusarium* do algodoeiro foi mais severa em solos arenosos do que nos argilosos em Arkansas e Alabama (Huber & Schneider, 1982).

Ao longo do tempo, relatos correlacionam a incidência de doenças e tipos de solos. Nesses trabalhos, diferentes terminologias foram utilizadas para os solos com essa característica, tais como: resistente, imune, intolerante, competitivo, antagonista, de vida longa, baixo patógeno, fungistático e com poder tampão entre outros (Baker & Cook, 1974; Huber & Schneider, 1982). Mesmo introduzido por Menzies em 1959, o termo solo supressivo foi popularizado somente a partir da década de 70, devido às publicações de Baker & Cook (1974), Hornby (1983, 1990) e Schneider (1982).

Com base na duração, Hornby (1983) dividiu a supressividade em dois tipos: de longo e de curto prazo. Supressividade de curto prazo pode ser resultado de alterações em práticas agrícolas, como fertilização, correção de acidez, cultivo mínimo, monocultura, incorporação de matéria orgânica e introdução de antagonistas, podendo desaparecer rapidamente com novas alterações. A de longo prazo pode ser resultado de propriedades físicas e químicas estáveis do solo, sendo observada por muitos anos, muitas vezes desde o início da exploração do solo (Bettiol & Ghini, 2005).

Os fatores biológicos controlando doenças radiculares são, possivelmente, os mais estudados e conhecidos. As dificuldades de alguns patógenos em se estabelecer no solo e a inibição de sua atividade patogênica são amplamente descritas. Essa capacidade pode ser destruída com o aquecimento do solo e consequente morte dos organismos ou pode ser transmitida por meio da incorporação de uma porção desse solo em outro que ocorre a doença. Os estudos com controle biológico de patógenos habitantes do solo são realizados principalmente com fungos e bactérias, sendo pouco explorado o potencial de outros organismos como protozoários, microartrópodos, nematóides e anélidas, entre outros. Assim, um solo com alta diversidade biológica apresenta maior capacidade de suprimir os patógenos (Bettiol & Ghini, 2005). Segundo Schneider (1982), solos supressivos são comuns em ambientes ecologicamente balanceados de ecossistemas em clímax, nos quais os constituintes físico-químicos e microbianos tiveram anos para estabilizar.

Dentre os organismos envolvidos na supressividade de solos, os fungos são os mais estudados. Isso se deve ao interesse na obtenção de produtos comerciais à base de fungos para o controle biológico de patógenos habitantes do solo. Dentre os fungos, sem dúvida, os mais estudados pertencem ao gênero *Trichoderma*. Há alguns anos, a eficiência desse fungo era discutida, mas sem uso comercial. Entretanto, diversos produtos à base desse antagonista são comercializados atualmente (Bettiol & Morandi, 2008; Fravel, 2008). Além dele, *Coniothyrium minitans*, *Fusarium oxysporum* não patogênico, *Pythium oligandrum*, *Sporidesmium sclerotivorum*, *Gliocladium virens* e *Clonostachys rosea* entre outros, são descritos como agentes de controle biológico de patógenos veiculados pelo solo e comercializados em diferentes regiões (Fravel, 2008; Melo, 1996; Garibaldi *et al.*, 1988a; Alabouvette, 1986; Garibaldi *et al.*, 1988b; Larkin *et al.*, 1996; Toyota *et al.*, 1995; McLaren *et al.*, 1996; Wang *et al.*, 1996; Berry *et al.*, 1993; Gauch & Ribeiro, 1998; Lumsden, 1995; Adams, 1990). Também os fungos formadores de micorrizas, que colonizam as raízes, córtex e a região que envolve a raiz, são importantes na supressividade dos solos (Rodríguez-Kabana & Calvet, 1994). Entretanto, o importante para esse fenômeno não é a ocorrência isolada de um antagonista, mas sim um complexo, pois dessa forma,

vários mecanismos de ação funcionam simultaneamente. Um dos problemas atuais da agricultura é justamente manter a comunidade desses organismos em equilíbrio para que não ocorra a quebra da supressividade.

Dentre as bactérias envolvidas na supressividade dos solos, as dos gêneros *Pseudomonas* e *Bacillus* são as mais estudadas. Além da ação direta nos solos por antibiose e competição, precisa ser considerada a ação das rizobactérias promotoras de crescimento na bioproteção de plantas contra patógenos (Luz, 1996; Melo, 1998; Weller, 1988). Dentro do gênero *Bacillus*, as espécies *Bacillus subtilis* e *Bacillus pumilus* se destacam quanto à capacidade de inibir tanto bactérias, como fungos fitopatogênicos. As actinobactérias também são importantes no controle de fitopatógenos, sendo a ação devida principalmente à produção de antibióticos. As bactérias envolvidas na supressividade não estão limitadas aos grupos citados, os quais são provavelmente os mais estudados devido à maior ocorrência nos solos.

Diversos organismos também estão relacionados com a supressividade natural dos solos a fitopatógenos, sendo discutidos os efeitos dos colembolos, protozoários e minhocas por Lartey *et al.* (1989), Curl *et al.* (1985), Habte & Alexander (1975); Anderson & Patrick (1980), Chakraborty (1983, 1985), Moody *et al.* (1996) e Szczech *et al.* (1993), entre outros.

Cada organismo apresenta um determinado potencial de controlar naturalmente os patógenos habitantes do solo. Assim, o importante é buscar práticas agrícolas que estimulem a sobrevivência e a multiplicação desses organismos para manter ou tornar o solo supressivo. Os organismos relacionados com a supressividade agem por meio dos mecanismos envolvidos no controle biológico de doenças de plantas, ou seja: antibiose ou amensalismo, parasitismo, competição, predação e indução de resistência do hospedeiro. Apesar dessa divisão, diversos organismos agem por mais de um mecanismo, sendo por isso beneficiados no ambiente em que vivem (Bettiol & Ghini, 2003).

As propriedades físicas e químicas do solo interferem na supressividade de forma indireta, por meio do favorecimento da atividade microbiana ou diretamente, quando interferem no ciclo de vida do patógeno. As principais características físicas e químicas do solo envolvidas na supressividade são: teor de matéria orgânica, pH, macro e micronutrientes, estrutura e textura, tipo de argila, retenção de água e condutividade elétrica, entre outras. Solos ricos em matéria orgânica geralmente apresentam maior supressividade. Esse fato deve-se, principalmente, à capacidade de suportar maior atividade microbiana e melhorar a estrutura do solo, propiciando maior aeração e retenção de umidade. As matérias orgânicas podem ainda servir como fontes de micronutrientes, hormônios, substâncias de sua decomposição, aminoácidos e outras. Esses compostos químicos podem induzir a resistência do hospedeiro ou controlar diretamente o patógeno. Há necessidade de se considerar as características da própria matéria orgânica, pois existem relatos onde houve efeito reduzindo ou aumentando a incidência e/ou severidade e em outras não interferindo na intensidade das doenças (Hoitink & Boehn, 1991; Lazarovits, 2004; Lazarovits *et al.*, 2001, 2005, 2006; Tenuta *et al.*, 2002; Ureba *et al.*, 2005; Abbasi *et al.*, 2006; Yogev *et al.*, 2006; Termorshuizen *et al.*, 2006; Domingues, 2006; Mattos, 2007; Ghini *et al.*, 2007; Morales *et al.*, 2007; Veras *et al.*, 2007; Janvier *et al.*, 2007; Pinto, 2008; Bettiol & Santos, 2008; Abassi *et al.*, 2009).

Höper & Alabouvette (1996) discutem os efeitos do pH do solo sobre doenças causadas por *Streptomyces scabies*, *Phytophthora* spp., *Gaeumanomyces graminis* var. *tritici*, *Rhizoctonia solani*, *Thielaviopsis basicola*, *Plasmodiophora brassicae*, *Verticillium* spp. e *Fusarium solani*. A disponibilidade de nutrientes (macro e micronutrientes) é importante para o controle de doenças, pois além dos aspectos fisiológicos e morfológicos das plantas, também pode alterar o desenvolvimento dos fitopatógenos. A textura e a estrutura do solo interferem no desenvolvimento das plantas, fungos, bactérias, microartrópodos, protozoários e minhocas entre outros organismos. Além disso, interferem, por exemplo, na porosidade que está relacionada com a retenção de umidade e aeração, extremamente importantes para a comunidade de organismos do solo e, conseqüentemente, na supressividade. Bianchini *et al.* (1997), ao discutirem o controle da podridão radicular do feijoeiro causada por *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli*, afirmam que a principal medida de controle da doença é minimizar a compactação do solo, devendo ser adotadas práticas culturais que eliminem camadas de compactação e melhorem a estrutura do solo. A mesma recomendação é dada para o controle de outras podridões radiculares causadas por *Fusarium solani* em diversas culturas. Höper *et al.* (1995) verificaram o envolvimento da caolinita, montmorilonita e illita na supressividade de solo à murcha-de-fusário do linho, pois quando essas argilas foram incorporadas num solo conducente à doença, ocorreram alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e essas modificações aumentaram a supressividade.

A supressividade natural, quando devida a fatores biológicos, pode ser facilmente quebrada pelo uso de pesticidas. Com a aplicação dos pesticidas ocorrem diversas alterações na comunidade de organismos do solo. Entretanto, devido às conseqüências diretas, as primeiras relatadas são as relacionadas com o surgimento de doenças. Os efeitos podem ser pela inibição direta dos antagonistas envolvidos na supressividade, ou pela quebra do equilíbrio existente. No solo, as diferentes interações biológicas mantêm um equilíbrio entre os componentes, sendo que a entrada de um pesticida pode afetar o balanço biológico (Bollen, 1984), o que resulta em interferências no processo natural de supressão de patógenos (Rodríguez-Kabana & Calvet, 1994).

Manipulação do Solo para a Indução da Supressividade

As propriedades físicas, químicas e biológicas do solo estão envolvidas na supressividade, existindo interações entre elas. Assim, alterações em quaisquer dessas propriedades, visando à indução da supressividade, conduzem a alterações nas demais, sendo difícil estabelecer exatamente a maior responsável pela supressividade conseguida.

Baker & Cook (1974) sugerem o desenvolvimento da supressividade por meio de: rotação de culturas, acréscimo de substratos orgânicos que estimulem os antagonistas, alteração do pH para nível que estimule os antagonistas e desfavoreça os patógenos, uso de métodos de cultivo do solo que melhorem a sua estrutura e

favoreçam os antagonistas, épocas adequadas de semeadura para favorecer os antagonistas e o hospedeiro, incorporação de matéria orgânica, introdução massal de antagonistas e manejo adequado da irrigação. Essas sugestões são para estimular os componentes da supressividade. Entretanto, também são sugeridas a transferência de porções de solos supressivos para os solos conducentes (Baker & Chet, 1984), a monocultura para determinados patossistemas, como trigo x *Gaeumanomyces graminis* var. *tritici* (Schneider, 1982) e beterraba açucareira x *Rhizoctonia solani* (Hyakumachi, 1996), bem como a adição de determinados tipos de argilas (Amir & Alabouvette, 1993).

O efeito da incorporação de resíduos orgânicos na indução da supressividade do solo pode ocorrer pelo estímulo da atividade da biota, pelo aumento da comunidade de agentes de biocontrole, pelos compostos liberados durante a decomposição da matéria orgânica ou pela composição do próprio resíduo orgânico. A estratégia de incorporar resíduos orgânicos vem recebendo atenção especial, pois é uma alternativa viável para reduzir o uso de fungicidas na agricultura e para uma adequada disposição dos resíduos. Bettiol & Santos (2008) discutem amplamente os efeitos de lodo de esgoto sobre fitopatógenos habitantes do solo. Lazarovits *et al.* (2005) discutem os modos de ação dos resíduos sobre os patógenos.

Efeito de Hidrolisado de Peixe na Severidade da Murcha Causada por *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* Raça 3 em Tomateiro

A murcha-de-fusário, causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, é uma das doenças mais importantes do tomateiro, sendo disseminada na maioria dos países onde essa hortaliça é cultivada (Jones, 1991; Kurozawa & Pavan, 1997a). Em mudas, a murcha-de-fusário causa flexão e curvatura, para baixo, das folhas mais velhas, geralmente, seguidas de murcha e morte. Plantas no campo podem ser infectadas em qualquer estágio de desenvolvimento, mas a doença, geralmente, se torna mais evidente quando a planta está iniciando a maturação dos frutos. Os sintomas se iniciam com um amarelecimento das folhas inferiores, que, gradualmente, murcham e morrem. Com o progresso da doença, a folhagem e os ramos se tornam amarelos e murcham. Quando o caule é cortado, observa-se uma coloração marrom intensa na região do xilema, que é um dos sintomas característicos da doença e que ajuda na sua identificação (Barksdale *et al.*, 1972; Elias *et al.*, 1991; Kurozawa & Pavan, 1997a,b).

Os isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, de acordo com sua habilidade de infectar e causar doença em uma série de cultivares diferenciadoras, são agrupados em três raças. As raças 1 e 2 estão distribuídas no mundo todo, enquanto a raça 3 tem sua distribuição geográfica ainda limitada, com relatos na Austrália (Grattidge & O'Brien, 1982), em alguns estados dos Estados Unidos da América (Volin & Jones, 1982; Davis *et al.*, 1988; Jones, 1991), na Nova Zelândia e Reino Unido (Urban, 1994). Na América Latina, até o momento, há relatos desta raça na Venezuela (Laterrot *et al.*, 1988), México (Valenzuela-Ureta *et al.*, 1996) e no Brasil (Reis *et al.*, 2005).

Apesar de limitada geograficamente, a raça 3 representa uma ameaça potencial, podendo se tornar um novo problema para os cultivos de tomate no Brasil, uma vez que o controle do patógeno é realizado, quase que exclusivamente, com a utilização de variedades e híbridos resistentes (Jones, 1991; Kurozawa & Pavan, 1997b; Lopez *et al.*, 2003). E, até o momento, não existem materiais disponíveis com resistência contra essa raça no mercado para cultivo comercial.

Mattos (2007) e Mattos & Bettioli (2008) estudaram o potencial de um hidrolisado de peixe (fertilizante orgânico obtido pela fermentação de resíduos de peixes marinhos frescos, comercializado com o nome de Fishfertil[®], por Gerbi Ltda.), em controlar *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol) raça 3 em tomateiro. Nos estudos foram utilizados três isolados da raça 3 de Fol (145, 146 e 149, fornecidos por Reis, Embrapa Hortaliças). O substrato (40% de substrato à base de casca de pinus compostada e 60% de latossolo), esterilizado e não esterilizado, foi infestado com clamidósporos dos três isolados de *Fusarium*, para obter a concentração de 10⁵ UFC/g de substrato. Após 15 dias de incubação, o hidrolisado de peixe, nas concentrações de 0%, 5%, 10%, 20%, 30%, 40% e 50%, do volume de água necessária para atingir a capacidade de campo, foi incorporado ao substrato. Transcorridos 10 dias, uma muda de tomate cultivar Santa Clara (suscetível à raça 3), com 30 dias de idade, foi transferida para cada vaso contendo 3 l de substrato. Além desses tratamentos, foi mantida uma testemunha sem infestação do patógeno. As plantas foram mantidas em casa-de-vegetação e, após 40 dias, foi avaliada a severidade da doença, por meio de escala de notas, para escurecimento vascular e sintomas externos adaptadas de Tokeshi & Galli (1967) e Santos (1999). Após o primeiro cultivo foram realizados mais dois para avaliar o efeito residual.

Para os três cultivos não foram observadas diferenças na severidade da doença entre os três isolados de Fol (145, 146 e 149). Assim, as análises de severidade foram realizadas em conjunto. Em relação às concentrações do hidrolisado de peixe, todas reduziram a severidade da doença (Figura 1). Possivelmente, o principal efeito seja devido à composição do hidrolisado de peixe, rico em ácidos graxos voláteis (Tabela 1). Entretanto, a liberação de amônia e de ácido nitroso e o estímulo das atividades microbianas pela sua incorporação no substrato podem estar envolvidos no controle da doença. Para o substrato esterilizado, a severidade da doença foi sempre superior ao não esterilizado, indicando um estímulo das atividades microbianas neste último.

Tabela 1. Concentração de ácidos graxos voláteis (mM) no hidrolisado de peixe (Fishfertil[®]).

Glicolato	768,1
Formato	20,4
Acetato	197,9
Propionato	45,0
<i>n</i> -Butirato	46,4
<i>iso</i> -Butirato	9,0
<i>iso</i> -Valerato	4,6
Total	1091,4

*Análises realizadas por Lazarovits (comunicação pessoal, 2007).

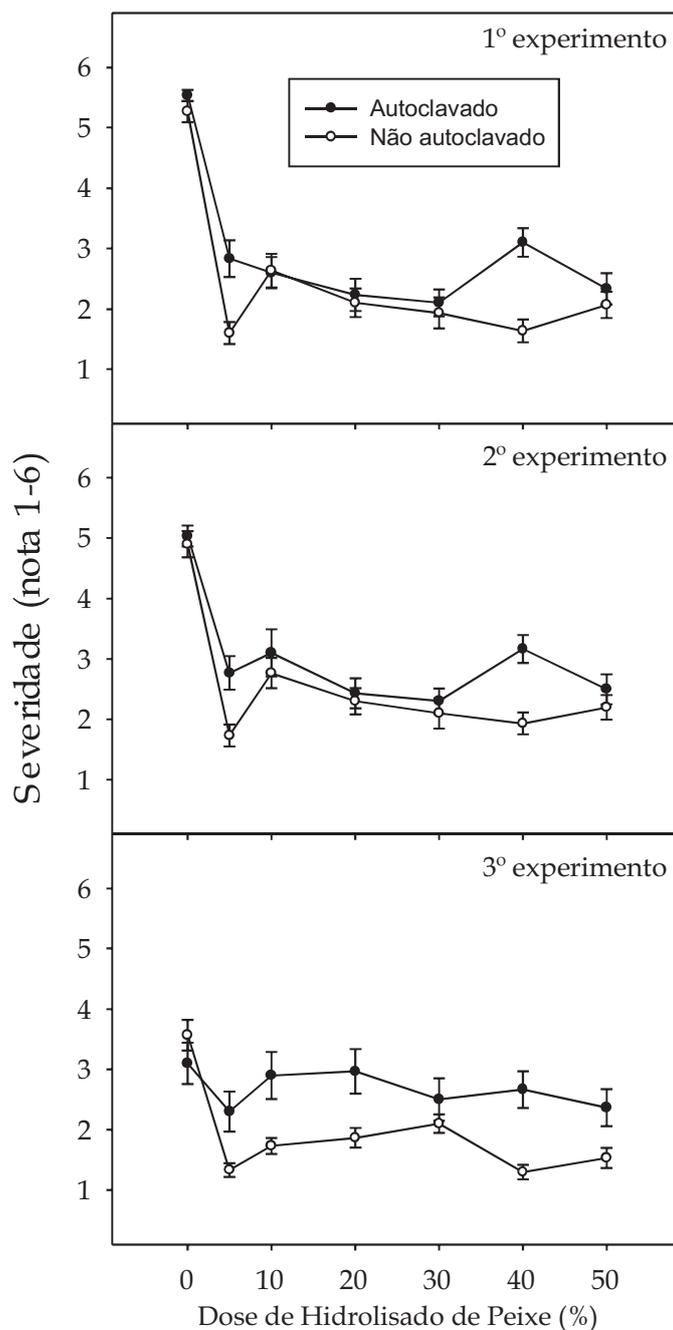


Figura 1. Efeito do hidrolisado de peixe (Fishfertil®) sobre a severidade da murcha-de-fusário causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, em tomateiro. Os valores estão expressos em função das notas, em três escalas diferentes, variando de 1 a 6.

O crescimento das plantas na testemunha infestada com *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* foi significativamente inferior à testemunha absoluta e a todos os tratamentos que receberam o hidrolisado de peixe, independentemente dos isolados (Figura 2).

Conclui-se que a incorporação, ao solo, do hidrolisado de peixe, nas concentrações 5% a 50% do volume de água necessário para atingir a capacidade de campo, controla a murcha de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raça 3 em tomateiro. No capítulo quatro deste livro, Lazarovits e colaboradores discutem amplamente os mecanismos de ação da emulsão de peixe no controle de fitopatógenos habitantes do solo.

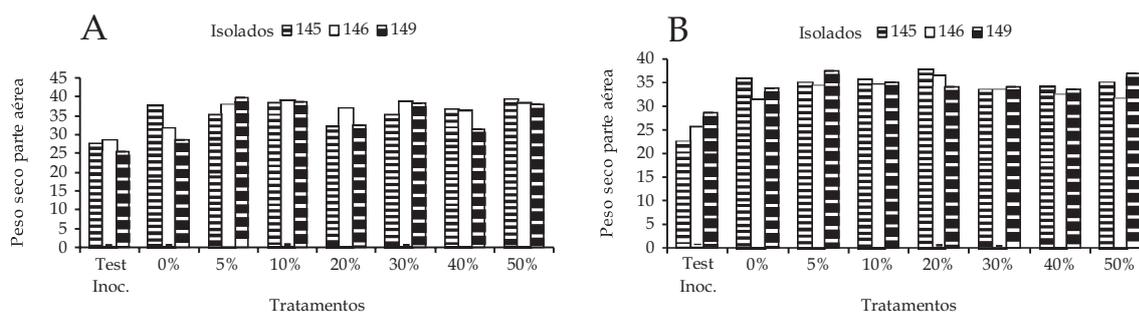


Figura 2. Massa seca da parte aérea das plantas de tomate cultivadas em casa de vegetação após tratamento com hidrolizado de peixe (Fishfertil®) em substrato, esterilizado (A) e não esterilizado (B), infestado com *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raça 3

Caracterização de Solos de Pernambuco quanto à Supressividade a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*.

Pectobacterium carotovorum subsp. *carotovorum* (Jones) Hauben *et al.* *lycopersici* causa podridão-mole em ampla gama de plantas hospedeiras em todo o mundo (Pérombelon & Kelman, 1980). Em levantamentos realizados no estado de Pernambuco em 2004, a podridão-mole teve prevalência de 100% em cultivos de couve-chinesa e de 45,2% de alface, evidenciando a importância da doença para essas olerícolas (Silva *et al.*, 2007). O controle da podridão-mole é difícil, uma vez que o patógeno sobrevive em restos culturais infectados, na rizosfera de plantas cultivadas ou invasoras, na água, no solo, como epífita na filosfera de plantas hospedeiras ou invasoras e em insetos (Kikumoto, 1980; Pérombelon & Kelman, 1980). As características do solo, juntamente com os fatores ambientais, podem influenciar na população de *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, acelerando ou retardando o desenvolvimento da doença (Pérombelon & Kelman, 1980).

Alvarado *et al.* (2007) caracterizaram solos de Pernambuco com relação à supressividade a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. Vinte e quatro amostras de solo (Tabela 2), previamente submetidas a análises microbiológicas, físicas e químicas, foram colocadas em caixas tipo Gerbox® (200 g de solo/caixa) e a cada caixa foram adicionados 50 ml de suspensão bacteriana do isolado de *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* Pcc127^{Rif} (mutante espontâneo de *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* resistente a 100 ppm de rifampicina) com concentração de 1×10^9 UFC/ml homogeneizando-se com bastão de vidro e incubando-se em B.O.D. a 25 ± 2 °C. Os dados populacionais de Pcc127^{Rif} analisados semanalmente foram utilizados para o cálculo da taxa de extinção relativa da população (TERP = $-(\log Y_f - \log Y_0) / (T_f - T_0)$), onde Y_0 é a população aos sete dias após a infestação do solo, Y_f a população na última avaliação antes de zerar, T_f o tempo (em dias) da última avaliação sem zerar e T_0 o tempo da primeira avaliação (dia = 7) (Kocks *et al.*, 1998). Para caracterizar os possíveis fatores envolvidos na supressividade ou condução dos solos ao Pcc127^{Rif}, foram efetuadas comparações dos valores médios da taxa de extinção relativa da população com as demais variáveis avaliadas em cada solo, pela análise de correlação de Pearson, ao nível de 5% de probabilidade.

As taxas de extinção relativa da população do *Pcc127^{Rif}* nos solos de Pernambuco variaram de 0,0547 log (UFC)/dia a 0,6327 log (UFC)/dia, sendo formados seis diferentes grupos de solos pelo teste de agrupamento de Scott-Knott ($P=0,05$) (Tabela 2). A diferença na taxa de extinção relativa da população do *Pcc127^{Rif}* em vários solos, com a mesma densidade inicial de inóculo, indica a variabilidade do potencial de inóculo em diferentes tipos de solo. Entende-se como potencial de inóculo a energia de crescimento do organismo patogênico que está disponível para a infecção do hospedeiro, resultante da densidade de inóculo ou número de propágulos, da energia exógena e endógena dos propágulos por unidade, da virulência dos propágulos e dos fatores ambientais, bióticos e abióticos, determinantes da atividade do inóculo. Essa variabilidade existente entre os solos permite segundo Huber & Schneider (1982), classificá-los em supressivos ou condutores. Nesse contexto, os solos CF-1, SA-1, BG-1, CO-1, GR-1 e GR-2 foram supressivos a *Pcc127^{Rif}*, enquanto IG-1, CO-2, CF-7, CF-8 e CF-9 evidenciaram a condutividade. A maioria dos solos apresentou comportamento intermediário em relação a esses extremos (Tabela 2).

A formação dos grupos de solos baseada na taxa de extinção relativa da população do *Pcc127^{Rif}* não apresentou relação com os locais (municípios) de coleta das amostras, tipos de coberturas na época da coleta ou classes texturais dos solos. A ausência de associação entre histórico de cultivo e populações do *Pcc127^{Rif}* foi previamente relatada por Pérombelon & Hyman (1989), baseado em estudo realizado na Esócia no período de 1981 a 1983, envolvendo três campos previamente cultivados com batata. Na maioria das vezes é impossível estabelecer uma relação entre o nível populacional de *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* no solo e o início da podridão-mole em couve-chinesa, tendo em vista a grande influência da presença de ferimentos no peíolo do hospedeiro, bem como da umidade e da temperatura do solo (Togashi & Sakamoto, 1966). Em geral, a bactéria existe no solo em baixos níveis populacionais, menos que 10^2 UFC/g solo, mas se multiplica rapidamente no solo em contato com o peíolo ou solo rizosférico do hospedeiro (Togashi, 1972; Mew *et al.*, 1976). Portanto, como *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* possui um tempo de geração curto, uma pequena quantidade de inóculo primário sobrevivente no solo pode produzir rapidamente uma epidemia na presença de condições favoráveis (Shuster & Coyne, 1974).

Na análise dos possíveis indicadores da supressividade ou condutividade dos solos à população de *Pcc127^{Rif}*, não foram constatadas correlações significativas ($P=0,05$) entre a taxa de extinção relativa da população e as características químicas, físicas e microbiológicas quando todos os solos foram considerados (Tabela 3). Esse resultado indica que não é possível destacar uma ou um conjunto de características responsáveis pela supressividade ou condutividade em todos os solos. Portanto, os fatores responsáveis pela supressividade em determinado solo podem não exercer o mesmo papel em outros, confirmando as observações de Arshad & Martin (2002) sobre a complexidade das interações entre as diferentes propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo, o que torna difícil a identificação de indicadores de supressividade do solo que possam ser utilizados em diferentes situações, e reflete, segundo Höper & Alabouvette (1996), na dificuldade frequentemente encontrada para distinção entre fatores primários e secundários responsáveis pela supressividade a doenças e/ou patógenos.

Quando considerados somente os seis solos mais supressivos, a taxa de extinção relativa da população do *Pcc127^{Rif}* se correlacionou significativamente ($P < 0,05$) com a densidade aparente do solo ($r = 0,76$), com as populações de bactérias totais ($r = 0,82$) e *Bacillus* sp. ($r = 0,80$). A população de *Bacillus* sp. se correlacionou com a densidade aparente ($r = 0,96$), mas não com a comunidade de bactérias totais ($r = 0,71$), o que pode ser consequência da utilização do mesmo método (plaqueamento em BDA e incubação a 25 ± 2 °C sob alternância luminosa, durante 48 h) para a quantificação das duas populações. Vieira & Nahas (2000) observaram que as maiores contagens de bactérias totais e de *Bacillus* sp. provenientes de solos foram obtidas em diferentes meios de cultura, temperaturas e períodos de incubação. Essa maior comunidade não significa necessariamente maior ou menor número de *Bacillus* sp., pois existem várias populações de outros microrganismos que podem impedir uma correlação. Nahas *et al.* (1997) estudando a atividade microbiana em solo após aplicação de gesso agrícola também não observaram correlação entre aumento de número de bactérias totais e de *Bacillus* sp. Nos cinco solos mais conducentes, houve correlação negativa entre a taxa de extinção relativa da população do *Pcc127^{Rif}* e a população de *Bacillus* sp. ($r = -0,86$) (Tabela 3). Por outro lado, as características químicas do solo não se correlacionaram com a taxa de extinção relativa da população nas diferentes combinações de solos (Tabela 3).

A densidade populacional e a sobrevivência de microrganismos no solo dependem de vários fatores, destacando-se a capacidade de produzir estruturas de sobrevivência, os fatores que controlam ou afetam a produção destas estruturas, as condições que afetam a sobrevivência, a diversidade fisiológica, a eficiência na utilização de substratos, os números de hospedeiros principais e alternativos, a competitividade e capacidade de saprofitismo, as estratégias de sobrevivência e a suscetibilidade à microbiostase e antibióticos presentes no solo (Siqueira & Franco, 1988).

A disponibilidade de nutrientes e os níveis de pH no solo parecem não ter afetado as populações do *Pcc127^{Rif}* nesse estudo. No entanto, já foi constatado que valores elevados de pH, P, Ca e Mg propiciam aumentos significativos nos níveis populacionais desta bactéria no solo (Kikumoto, 1980; Pérombelon & Hyman, 1989; Armon *et al.*, 1995). Por outro lado, a podridão-mole em couve-chinesa foi eficientemente controlada em campo pela fertilização do solo com hidróxido de cálcio (Kim & Yeoung, 2004).

A importância das propriedades físicas do solo na supressividade de fungos fitopatogênicos habitantes desse ambiente foi destacada por Höper & Alabouvette (1996). A densidade aparente do solo é determinada pela quantidade de espaços porosos e sólidos, sendo que solos com elevada proporção de espaços porosos em relação aos sólidos têm densidades menores do que outros mais compactos e com menos espaços porosos (Brady, 1989). Como o nível de porosidade pode exercer efeito seletivo sobre a capacidade de colonização por determinados microrganismos (Siqueira & Franco, 1988), a correlação positiva entre densidade aparente do solo e taxa de extinção relativa da população do *Pcc127^{Rif}* pode ser consequência do nível de porosidade, uma vez que as populações de bactérias são geralmente desfavorecidas pela reduzida porosidade do solo e, conseqüentemente, elevada densidade aparente.

Os solos constituem um sistema dinâmico, onde complexas interações entre as propriedades físicas, químicas e biológicas, se integram continuamente, influenciando e diversificando a microbiota (Siqueira & Franco, 1988). A elevada correlação observada entre supressividade do solo ao *Pcc127^{Rif}* e as populações de bactérias totais era esperada, pois as populações de pectobactérias declinam muito rapidamente em solos, no campo, dependendo da sua população bacteriana, além de outros fatores (Mew *et al.*, 1976; Pérombelon & Kelman, 1980). A redução da população do *Pcc127^{Rif}* no solo pode ser atribuída à competição com bactérias nativas que utilizam os nutrientes mais eficientemente, a exemplo do constatado por Armon *et al.* (1995), mas o mecanismo de antibiose também pode estar envolvido, pois Kikumoto (2000) destacou que a diferença na habilidade de isolados desta bactéria sobreviverem no solo estava relacionada à sensibilidade a bacteriocinas. Este autor demonstrou o potencial do controle biológico da podridão-mole em couve-chinesa baseado na utilização de isolados avirulentos de *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* produtores de bacteriocinas, entretanto nenhum método efetivo de controle foi estabelecido.

Os gêneros de bactérias mais comumente encontrados nos solos com capacidade antagonística a fitopatógenos são *Pseudomonas* sp. e *Bacillus* sp. (Weller *et al.*, 2002; Bettiol & Ghini, 2005). Nesse estudo, as populações de *Pseudomonas* fluorescentes não se correlacionaram com a taxa de extinção relativa da população do *Pcc127^{Rif}* em nenhuma das situações analisadas, embora Mew *et al.* (1976) tenham observado que a presença de *Pseudomonas* fluorescentes no solo influenciou significativamente na redução da severidade da podridão-mole em couve-chinesa. Por outro lado, a influência das populações de *Bacillus* sp. na supressividade ao *Pcc127^{Rif}* verificada no presente estudo constitui um aspecto relevante, pois segundo Mazzola (2004), a implementação efetiva de estratégias de manejo ou estímulo à comunidade microbiana antagonista do solo para a supressão de fitopatógenos habitantes desse ambiente requer inicialmente a identificação dos componentes biológicos envolvidos na supressividade e depois o monitoramento do impacto das práticas de manejo na abundância e atividade dessa população microbiana benéfica.

A influência de bactérias formadoras de endosporos na sobrevivência de *Pectobacterium carotovorum* foi estudada por Kikumoto (1980), que verificou o decréscimo rápido na população do patógeno com o aumento das populações de bactérias formadoras de endosporos. Espécies de *Bacillus*, incluindo *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus cereus* têm se destacado como importantes agentes de biocontrole de fitopatógenos habitantes do solo (Emmert & Handelsman, 1999). Essas bactérias são produtoras de antibióticos, além de enzimas que degradam moléculas envolvidas no sinal de “quorum sensing” de muitas bactérias (Garbeva *et al.*, 2004), a exemplo de *Bacillus thuringiensis* no biocontrole de *Pectobacterium carotovorum* (Dong *et al.*, 2004). Mesmo considerando todos esses aspectos, um entendimento completo dos fatores biológicos responsáveis pela supressividade de um solo a um determinado patógeno ou doença requer um conhecimento aprofundado da identidade, frequência relativa e atividade biológica das diversas populações microbianas que habitam a rizosfera. Além disso, o balanço microbiano e a eficiência de um antagonista são dependentes das características físico-químicas do solo, sendo difícil separar os fatores envolvidos na supressividade (Weller *et al.*, 2002), o que ficou evidente no presente estudo com a constatação de correlação significativa entre a população de *Bacillus* sp. e a densidade aparente do solo.

Um aspecto a ser considerado na dificuldade da caracterização dos possíveis mecanismos envolvidos na supressividade dos solos de Pernambuco à população do *Pcc127*^{Rif} é a metodologia, uma vez que foram utilizados indicadores tradicionais de supressividade (Hornby, 1983; Chellemi & Porter, 2001). De acordo com Van Bruggen & Semenov (1999), os resultados obtidos utilizando indicadores tradicionais são difíceis de interpretar, motivo pelo qual sugeriram um procedimento alternativo, baseado na mensuração de respostas biológicas a distúrbios ou estresse, assumindo que um solo sadio é estável, com resistência ao estresse. A resposta ao estresse em termos de amplitude e resistência da comunidade microbiana poderia ser um indicador universal para supressão à doença melhor que qualquer outro fator físico, químico ou biológico mensurado somente uma vez a longos intervalos de tempo.

Tabela 2. Influência de solos do estado de Pernambuco na taxa de extinção relativa da população (TERP) de *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*

Código do solo	Local (município)	Cobertura ⁽¹⁾	Textura	TERP ²
CF-1	Camocim de São Félix	couve-chinesa	Franco arenoso	0,6327 a ³
SA-1	Sairé	milho	Franco argilo arenoso	0,5439 b
BG-1	Barra de Guabiraba	sem plantio	Franco argilo arenoso	0,4011 c
CO-1	Condado	cana-de-açúcar	Argila	0,3682 c
GR-1	Gravatá	couve-chinesa	Franco arenoso	0,3357 c
GR-2	Gravatá	pimentão	Franco arenoso	0,3145 c
CF-2	Camocim de São Félix	couve-chinesa	Franco argilo arenoso	0,2801 d
AL-1	Abreu e Lima	cana-de-açúcar	Areia franca	0,2315 d
CG-1	Chã Grande	brócoli	Franco arenoso	0,2301 d
CF-3	Camocim de São Félix	couve-chinesa	Franco argilo arenoso	0,2004 d
BO-1	Bonito	mata	Argila	0,2003 d
SJ-1	São Joaquim do Monte	pimentão	Franco argilo arenoso	0,1992 d
CF-4	Camocim de São Félix	pimentão	Franco argilo arenoso	0,1722 d
SJ-2	São Joaquim do Monte	pimentão	Franco arenoso	0,1667 d
CG-2	Chã Grande	pimentão	Franco arenoso	0,1519 e
CF-5	Camocim de São Félix	couve-chinesa	Franco argilo arenoso	0,1483 e
GR-3	Gravatá	couve-chinesa	Franco argilo arenoso	0,1397 e
CF-6	Camocim de São Félix	couve-chinesa	Franco argilo arenoso	0,1238 e
AN-1	Aliança	cana-de-açúcar	Franco arenoso	0,1121 e
IG-1	Igarassu	inhame	Franco arenoso	0,0914 f
CO-2	Condado	cana-de-açúcar	Franco arenoso	0,0806 f
CF-7	Camocim de São Félix	couve-chinesa	Franco argilo arenoso	0,0799 f
CF-8	Camocim de São Félix	couve-chinesa	Franco arenoso	0,0718 f
CF-9	Camocim de São Félix	couve-chinesa	Franco arenoso	0,0547 f
C.V. (%)				10,34

⁽¹⁾Tipo de cobertura do solo na época da coleta. ²Taxa de extinção relativa da população de *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* no solo [log UFC/dia], calculada conforme Kocks *et al.* (1998). ³Média de quatro repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (Scott-Knott P=0,05).

Tabela 3. Correlações entre taxa de extinção relativa da população de *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (TERP) e variáveis físicas, químicas e microbiológicas dos solos de Pernambuco, considerando todos os solos analisados (geral) e somente os classificados como supressivo ou condutores.

Variáveis ¹	Coeficiente de correlação ⁽¹⁾		
	Geral	Supressivos	Condutente
Areia (Ar)	-0,29	-0,03	-0,26
Argila (Ar)	0,14	-0,05	-0,07
Silte (Si)	0,46	0,14	0,74
Reação Silte/Argila (Si/Ar)	0,20	0,14	0,56
Densidade aparente (DA)	0,08	0,76*	0,50
Densidade de partículas (DP)	0,05	0,68	-0,40
pH (H ₂ O)	-0,06	-0,23	0,65
Potássio (K)	0,02	-0,08	0,58
Sódio (Na)	0,12	0,47	-0,05
Cálcio (Ca)	0,01	-0,01	0,39
Cálcio + Magnésio (Ca+Mg)	0,11	-0,06	0,52
Alumínio (Al)	0,20	-0,25	-0,10
Carbono orgânico (CO)	-0,02	-0,03	0,65
Acidez potencial (H+Al)	0,04	0,35	-0,31
Soma de bases (SB)	0,11	-0,05	0,54
Saturação de bases (v)	0,06	-0,17	0,43
Saturação por alumínio (m)	0,16	-0,24	-0,08
Relação Ca/Mg (Ca/Mg)	-0,10	0,09	-0,40
Relação Ca/K (Ca/K)	0,10	-0,15	-0,20
Bactérias totais (BT)	0,07	0,82*	0,35
<i>Pseudomonas</i> fluorescentes (PF)	-0,09	-0,02	0,58
<i>Bacillus</i> sp. (BC)	0,03	0,80*	-0,86*
Fungos totais (FT)	0,26	-0,16	0,17

⁽¹⁾Coeficientes de correlação de Pearson seguidos por asterisco são significativos a P<0,05.

Indução de Supressividade à Murcha de *Fusarium oxysporum* f.sp. *chrysantemi* pela Incorporação de Matéria Orgânica

Entre os fitopatógenos que podem afetar o cultivo do crisântemo, destaca-se o *Fusarium oxysporum*, agente causal da murcha, que tem importância para a cultura por acarretar elevadas perdas. As medidas de controle preventivas são as mais recomendadas, como: drenagem e limpeza do terreno, eliminação de plantas doentes, mudas saudáveis, plantio em áreas com baixa densidade do patógeno, uso de antagonistas e substrato supressivo entre outras. Dentre essas medidas, destaca-se a obtenção de substrato supressivo, o qual é capaz de prevenir naturalmente o estabelecimento de fitopatógenos ou inibir suas atividades patogênicas.

Para obter substrato supressivo à murcha de *Fusarium oxysporum* em crisântemo tipo Bola-belga foram utilizados resíduos da agropecuária e urbano-industrial (cama aviária, esterco suíno, torta de mamona e lodo de esgoto) incorporados a substratos comerciais. (Pinto, 2008).

Os estudos foram conduzidos em propriedade que apresentava sérios problemas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *chrysantemi*, utilizando as cultivares de crisântemo (*Crysanthemum morifolium*) Papyrus White, Yellow Marino e Vera Dark. A infestação foi de forma natural por meio do sistema de irrigação por gotejamento. A produção de crisântemo foi realizada por meio do plantio de mudas, formadas por enraizamento de estaca, em vasos plásticos contendo 3,3 l dos substratos testados. Na primeira semana após o plantio das mudas, a irrigação foi realizada com água e nas dezessete semanas seguintes com adição da solução nutritiva (nitrato de cálcio 500g/1000 l; kristasol 5-30-15 600g/1000 l; sulfato de potássio 600g/1000 l; sulfato de magnésio: 250g/1000 l e nitrato de amônio 250g/1000 l). Durante as 10 primeiras semanas, as plantas foram mantidas em ambiente com regime de luz com mais de 15 h/dia para estimular o crescimento vegetativo (fase vegetativa). Depois, as plantas foram transferidas para ambiente com fotoperíodo menor que 12 h/dia para induzir o florescimento (fase generativa).

O substrato comercial utilizado foi o Multiplant® à base de casca de *Pinus* (pH 5,5; EC 0,6µS) e as matérias orgânicas testadas para a indução de supressividade de substrato a *Fusarium* em crisântemo foram: lodo de esgoto da estação de tratamento de esgoto de Jundiaí/SP; torta de mamona; esterco de suíno e cama aviária de poedeira criado em sistema orgânico (Tabela 4). As fontes de matéria orgânica foram incorporadas ao substrato comercial nas concentrações de 0, 10, 20 e 30%, bem como em mistura das mesmas, com auxílio de betoneira. Após dez dias de incubação os substratos foram colocados nos vasos para plantio das mudas de crisântemo.

O potencial de supressão dos substratos foi analisado pela severidade da murcha causada por *Fusarium*. A severidade foi avaliada por meio de uma escala de notas proposta por Pinto & Bettiol (2006), sendo 0 = planta sadia, 1 = planta com os vasos da haste central levemente escurecidos, 2 = planta com os vasos da haste central totalmente escurecidos, 3 = planta com os vasos da haste central totalmente escurecidos e pelo menos uma das hastes secundárias com vasos escurecidos, 4 = planta com sintoma de murcha e com todos os vasos escurecidos e 5 = planta morta. A confirmação da presença do fungo nas plantas foi realizada pelo plaqueamento de fragmentos das hastes em meio de Komada (Komada, 1975), para posterior observação das estruturas do fungo em microscópio óptico. As avaliações de severidade foram destrutivas e realizadas após 8, 12, 15 e 20 semanas do transplantio, sendo avaliados cinco vasos de cada tratamento por época.

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado com 20 repetições. Os resultados de severidade obtidos nas quatro datas de avaliação foram transformados em área abaixo da curva do progresso da severidade (AACPS) para análise.

O lodo de esgoto e a cama aviária controlaram a murcha de *Fusarium* quando incorporadas ao substrato nas concentrações de 10, 20 e 30% (v/v) nas três variedades estudadas. Entretanto, apenas o lodo de esgoto promoveu controle superior a 84%. É importante salientar que todas as plantas produzidas com lodo de esgoto e cama

aviária obtiveram padrão para a comercialização. A torta de mamona e o esterco suíno não controlaram a doença. Além disso, a torta de mamona provocou a morte das plantas nas concentrações de 20 e 30%, por fitotoxicidade (Tabela 5 e Figura 3).

Quando avaliadas as misturas de lodo de esgoto, cama aviária, esterco de suíno e torta de mamona em diferentes combinações nas três cultivares de crisântemo (Papyrus White, Yellow Marino e Vera Dark), a combinação de 15% de lodo de esgoto com 15% de cama aviária reduziu significativamente a área abaixo da curva do progresso da severidade, diferindo dos demais tratamentos (Figura 4), seguido das combinações de lodo de esgoto, torta de mamona e esterco suíno e lodo de esgoto, cama aviária e torta de mamona na proporção de 10% de cada matéria orgânica (Figura 4).

Os resultados estão de acordo com a literatura, na qual há vários relatos de matérias orgânicas controlando doenças em plantas em diferentes patossistemas por meio de solo/substrato supressivo (Abassi *et al.*, 2004; Boehm & Hoitink, 1992; Chef *et al.*, 1983; Conn & Lazarovits, 1999; Fenille & Souza, 1999; Ghini *et al.*, 2007; Lazarovits *et al.*, 2005; Termorhvizzen *et al.*, 2006; Ureba *et al.*, 2000). No patossistema *Fusarium*-crisântemo há relato da indução de supressividade por composto de casca de madeira (Chef *et al.*, 1983). A indução da supressividade observada nos substratos à base de casca de *Pinus* pela introdução de lodo de esgoto e cama aviária não deve estar relacionada apenas a uma característica alterada no substrato. Esse aspecto fica evidente quando se observa que esses materiais alteram a atividade microbiana, a concentração de nutrientes, o pH e a condutividade elétrica dos substratos (Pinto, 2008).

Tabela 4. Atributos do esterco de suíno, cama aviária, lodo de esgoto e torta de mamona utilizados nos ensaios para indução de supressividade de substrato à murcha de *Fusarium* em crisântemo.

Atributo	Esterco de suíno	Cama aviária	Lodo de esgoto	Torta de mamona
pH	7,5	8,2	4,5	6,5
N g/kg	16,9	36,9	26,2	50
P g/kg	31,7	12,9	10,7	-
K g/kg	6,9	20,2	1,7	-
Ca g/kg	42,8	30,0	2,3	-
Mg g/kg	12,5	4,5	0,9	-
S g/kg	2,3	4,5	6,4	-
C g/kg	137,7	384,0	264,6	350
Fe g/kg	11,5	1,9	45,4	-
B mg/kg	17,6	49,0	58,0	-
Cu mg/kg	229,2	56,7	1058,0	-
Mn mg/kg	1167,0	422,7	82,4	-
Zn mg/kg	932,5	375,8	123,4	-
Umidade %	20,1	15,2	14,6	10
Relação C/N	8,1	10,4	10,1	-

Método de extração: 1:1,5 (Holanda). Métodos de determinação: N-(amoniaco e nitrato): destilação; K, Ca, Mg, P, S, Cu, Fe, Mn, Zn: ICP-OES. Resultados para os teores totais de Carbono e Nitrogênio foram feitos pelo equipamento de análise elementar de CNS (marca ELEMENTAR CNS).

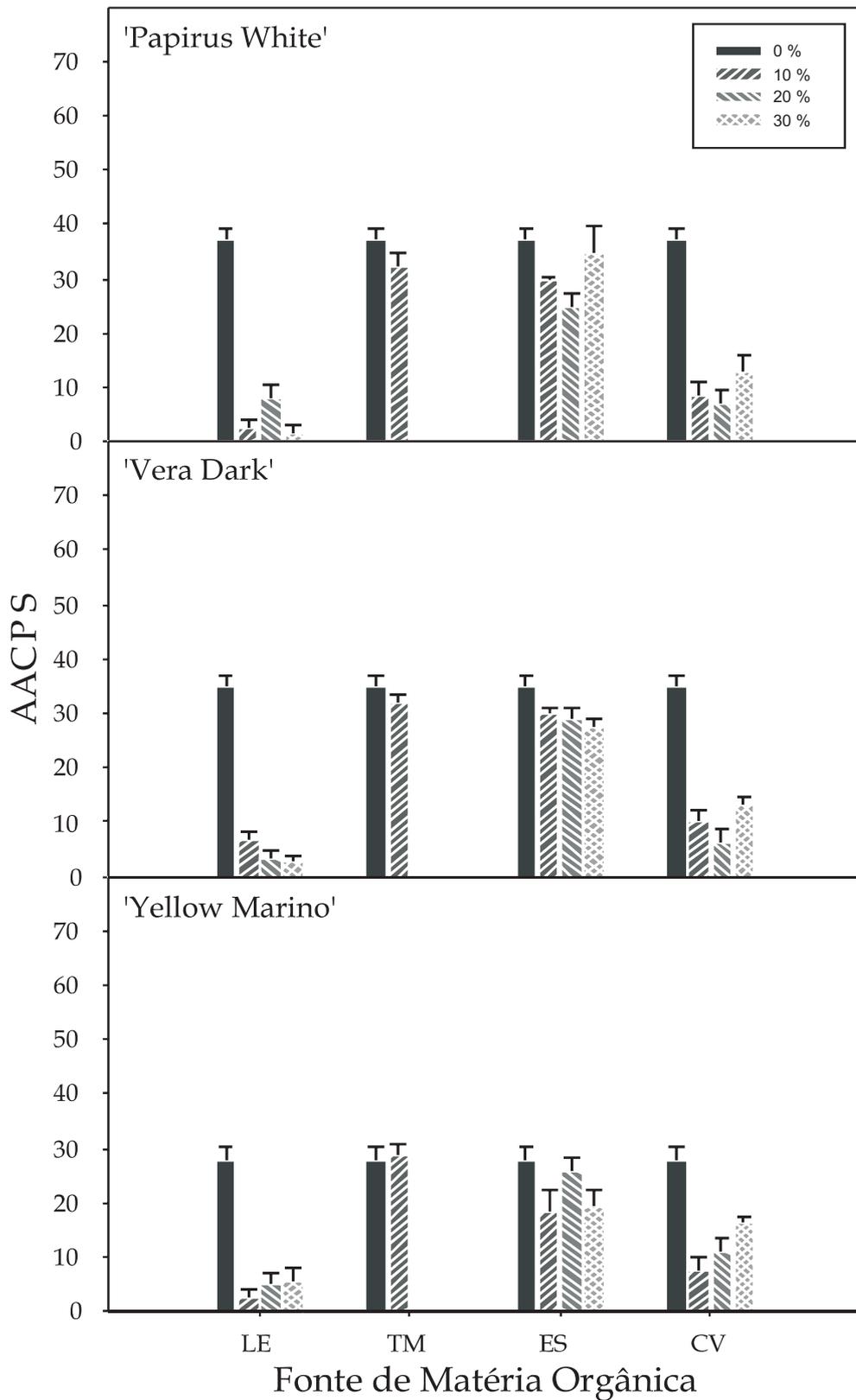


Figura 3. Efeito da incorporação de lodo de esgoto (LE), torta de mamona (TM), esterco de suíno (ES) e cama aviária (CV) em substrato à base de casca de Pinus no controle de *Fusarium* nas variedades Papyrus White, Vera Dark e Yellow Marino de crisântemo avaliado pela área abaixo da curva do progresso da severidade (AACPS). As barras são valores médios, acompanhadas de seu erro padrão. Torta de mamona nas concentrações de 20 e 30% matou as plantas por fitotoxicidade.

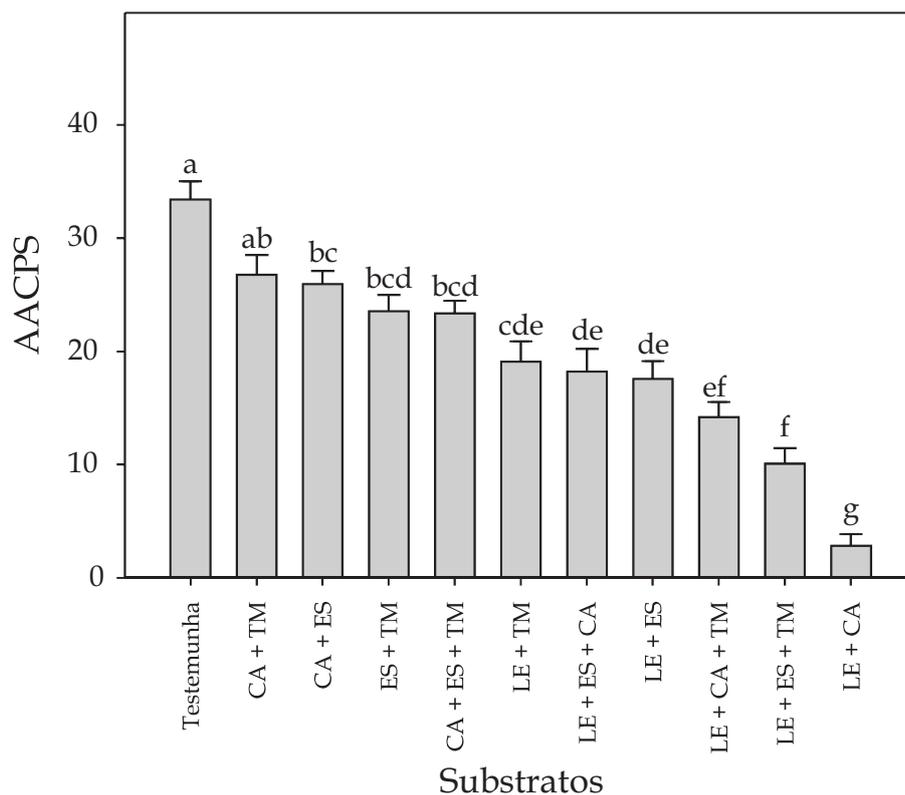


Figura 4. Área abaixo da curva do progresso da severidade (AACPS) da murcha de *Fusarium* em crisântemo Bola-belga em vasos contendo 70% de substrato à base de casca de *Pinus* (CP) com combinação de 10% (três a três) ou 15% (dois a dois) de lodo de esgoto (LE), cama aviária (CA), esterco suíno (ES) e torta de mamona (TM). As barras são valores médios acompanhados de seu erro padrão. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (Tukey, $P=0,05$; $R^2=0,67$ e $CV=29,9\%$).

Considerações Finais

A supressividade de solos ou de substratos é a forma mais adequada de se realizar o controle de fitopatógenos habitantes do solo. Os três casos apresentados e discutidos anteriormente (Efeito de Hidrolisado de Peixe na Severidade da Murcha Causada por *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* Raça 3 em Tomateiro; Caracterização de Solos de Pernambuco quanto à Supressividade a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *Carotovorum* e Indução de Supressividade à Murcha de *Fusarium oxysporum* f.sp. *chrysantemi* pela Incorporação de Matéria Orgânica) indicam a viabilidade do uso da supressividade. Entretanto, há necessidade de uma busca constante de matérias orgânicas para a produção de substratos supressivos, sendo sugerido o uso de materiais regionalizados para redução de custos. Em relação aos solos seria interessante avaliar a supressividade a diferentes patógenos com a finalidade de auxiliar na escolha da cultura a ser implantada na área.

Referências

- Abbasi, P.A.; Conn, K.L. & Lazarovits, G. Suppression of *Rhizoctonia* and *Pythium* damping-off of and cucumber seedlings by additions of hydrolyzed to peat mix or soil. *Canadian Journal of Plant Pathology* 26: 177-187. 2004.
- Abbasi, P.A.; Conn, K.L. & Lazarovits, G. Effect of fish emulsion used as a pre-plant soil amendment on verticillium wilt, common scab, and tuber yield of potato. *Canadian Journal of Plant Pathology* 28: 509-518. 2006.
- Abbasi, P. A.; Lazarovits, G. & Jabaji-Hare, S. Detection of high amounts of organic acids in fish emulsion and their role in pathogen or disease suppression. *Phytopathology* 99: 274-281. 2009.
- Adams, P.B. The potential of mycoparasites for biological control of plant diseases. *Annual Review of Phytopathology* 28: 59-72. 1990.
- Alabouvette, C. Fusarium-wilt suppressive soils from Chateaufort region: review of 10 years of study. *Agronomie* 6: 273-284. 1986.
- Alvarado, I.C.M.; Michereff, S.J.; Mariano, R.L.R.; Silva, A.M.F. & Nascimento, C.W.A. Caracterização de solos de Pernambuco quanto à supressividade a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. *Fitopatologia Brasileira* 32: 222-228. 2007.
- Amir, H. & Alabouvette, C. Involvement of soil abiotic factors in the mechanisms of soil suppressiveness to Fusarium wilts. *Soil Biology and Biochemistry* 25: 157-164. 1993.
- Anderson, T.R. & Patrick, Z.A. Soil vampyrellid amoebae that cause small perforations in conidia of *Cochliobolus sativus*. *Soil Biology and Biochemistry* 12: 159-167. 1980.
- Armon, R.; Dosoretz, C.; Yoirish, A.; Shelef, G. & Neeman, I. Survival of the phytopathogen *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* in sterile and non-sterile soil, sand and their admixture. *Journal of Applied Bacteriology* 79: 513-518. 1995.
- Arshad, M.A. & Martin, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88: 153-160. 2002.
- Baker, K.F. & Cook, R.J. *Biological Control of Plant Pathogens*. San Francisco. Freeman. 1974.
- Baker, R. & Chet, I. Induction of suppressiveness. In: Schneider, R.W. (Ed.) *Suppressive Soils and Plant Disease*. St Paul. APS Press. 1984. pp. 35-50.
- Barksdale, T.H.; Good, J.M. & Danielson, L.L. *Tomato diseases and their control*. *Agriculture Handbook* 203: 109. 1972.
- Berry, L.A.; Jones, E.E. & Deacon, J.W. Interaction of the mycoparasite *Pythium oligandrum* with other *Pythium* species. *Biocontrol Science and Technology* 3: 247-260. 1993.
- Bettiol, W. & Ghini, R. Proteção de plantas em sistemas agrícolas alternativos. In: Campanhola, C. & Bettiol, W. (Eds.) *Métodos Alternativos de Controle Fitossanitário*. Jaguariúna, SP. Embrapa Meio Ambiente. 2003. pp. 79-96.
- Bettiol, W. & Ghini, R. Solos supressivos. In: Michereff, F.; Andrade, D.E.G.T. & Menezes, M. (Eds.) *Ecologia e Manejo de Patógenos Radiculares em Solos Tropicais*. Recife. Imprensa Universitária da Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2005. pp. 125-152.
- Bettiol, W. & Morandi, M.A.B. *Trichoderma* in Brazil: history, research, commercialization and perspectives. *Proceedings, Xth Meeting of the Working Group - Biological Control of Fungal and Bacterial Plant Pathogens: Molecular Tools for Understanding and Improving Biocontrol*, Interlaken, Switzerland. 2008. p. 49.
- Bettiol, W. & Santos, I. Efeito do Lodo de esgoto sobre fitopatogenos veiculaos pelo solo. *Revisão Anual de Patologia de Plantas* 16: 233-264. 2008.
- Bianchini, A.; Maringoni, A.C. & Carneiro, S.M.T.P.G. Doenças do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: Kimati, H.; Amorim, L.; Bergamin Filho, A.; Carmargo, L.E.A. & Rezende, J.A.M. (Eds.) *Manual de Fitopatologia*. vol. 2. São Paulo. Ceres. 1997. pp. 376-399.
- Boehm, M.J. & Hoitink, H.A.J. Sustainance of microbial activity in potting mixes and its impact on severity of *Pythium* root rot of Poinsettia. *Phytopathology* 82: 259-264. 1992.
- Bollen, G.J. Non-target effects of pesticides on soil-borne pathogens. In: Hascoet, M.; Schuepp, H. & Steen, E. (Eds.) *Comportement et Effects Secondaires des Pesticides dans le Sol*. Versailles. INRA. 1984. pp. 11-26.
- Brady, N.C. *Natureza e Propriedade dos Solos*. 7ª. Ed. Rio de Janeiro. Freitas Bastos. 1989.
- Chakraborty, S. Population dynamics of amoebae in soils suppressive and non-suppressive to wheat take all. *Soil Biology and Biochemistry* 15: 661-664. 1983.

- Chakraborty, S. Survival of wheat take-all fungus in suppressive and non-suppressive soils. *Pedobiologia* 28: 13-18. 1985.
- Chef, D.G.; Hoitink, H.A.J. & Madden, L.V. Effects of organic components in container media on suppression of *Fusarium* wilt of chrysanthemum and flax. *Disease Control and Pest Management* 73: 279-281. 1983.
- Chellemi, D.O. & Porter, I.J. The role of plant pathology in understanding soil health and its application to productive agriculture. *Australasian Plant Pathology* 30: 103-109. 2001.
- Chen, W.D. & Hoitink, H.A.J. The role of microbial activity in suppression of damping-off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology* 78: 314-322. 1988.
- Conn, K. L. & Lazarovits, G. Impact of animal manures on Verticillium wilt, potato scab, and soil microbial populations. *Canadian Journal of Plant Pathology* 21: 81-92. 1999.
- Curl, E.A.; Gudauskas, R.T.; Harper, J.D. & Peterson, C.M. Effects of soil insects on populations and germination of fungal propagules. In: Parker, C.A.; Rovira, A.D.; Moore, K.; Wong, P.T.W. & Kollmorgen, J.F. (Eds.) *Ecology and Management of Soilborne Plant Pathogens*. St. Paul. APS Press. 1985. pp. 20-23.
- Davis, R. M.; Kimble, K. A. & Farrar, J. J. A third race of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* identified in California. *Plant Disease* 72: 453. 1988.
- Domingues, F. Controle físico e biológico de *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* em gengibre. Dissertação de Mestrado. Piracicaba SP. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" 2006.
- Dong, Y.H.; Zhang, X.F.; Xu, J.L. & Zhang, L.H. Insecticidal *Bacillus thuringiensis* silences *Erwinia carotovora* virulence by a new form of microbial antagonism, signal interference. *Applied and Environmental Microbiology* 70: 954-960. 2004.
- Elias, K. S.; Schneider, R. W. & Lear, M. M. Analysis of vegetative compatibility groups in nonpathogenic populations of *Fusarium oxysporum* isolated from symptomless tomato roots. *Canadian Journal of Botany* 69: 2089-2094. 1991.
- Emmert, E.A.B. & Handelsman, J. Biocontrol of plant disease: a (Gram-) positive perspective. *FEMS Microbiology Letters* 171: 1-9. 1999.
- Fenille, R.C. & Souza, N.L. The role of the organic material amended and the soil moisture on the pathogenicity of *Rhizoctonia solani* Kühn AG-4 HGI in snap bean. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34: 1959-1967. 1999.
- Fravel, D. Commercialization of biocontrol agents for use against plant pathogens. *Summa Phytopatologica* 34: 193. 2008. (Resumo).
- Garbeva, P.; Van Veen, J.A. & Van Elsas, J.D. Microbial diversity in soil: selection of microbial populations by plant and soil type and implications for disease suppressiveness. *Annual Review of Phytopathology* 42: 243-270. 2004.
- Garibaldi, A.; Aloï, C. & Gullino, M.L. Biological control of grey mould of grapevine: reality or utopia. *Proceedings, International Symposium on Plant-Protection Problems and Prospects of Integrated Control in Viticulture*, Lisboa, Portugal. 1988a. pp.283-291.
- Garibaldi, A.; Brunatti, F. & Cugudda, L. Attività antagonistica nei confronti della tracheofusariosi del garofano di *Fusaria* non patogeni resistenti a benomyl. *Atti Giornate Fitopatologiche* 1: 481-490. 1988b.
- Gauch, F. & Ribeiro, W.R.C. Ocorrência de espécies de *Pythium* potencialmente micoparasitas, com oogônios equinulados em solos de Brasília, DF. *Fitopatologia Brasileira* 23: 176-179. 1998.
- Ghini, R.; Patrício, F.R.A.; Bettiol, W.; Almeida, I.M.G. & Maia, A.H.N. Effect of sewage sludge on suppressiveness soil-borne plant pathogens. *Soil Biology & Biochemistry* 39: 797-805. 2007.
- Grattidge, R. & O'Brien, R. G. Occurrence of a third race of *Fusarium* wilt of tomatoes in Queensland. *Plant Disease* 66: 165-166. 1982.
- Habte, M. & Alexander, M. Protozoa as agents responsible for the decline of *Xanthomonas campestris* in soil. *Applied Microbiology* 29: 159-164. 1975.
- Hoitink, H.A.J. & Boehm, M.J. Interaction between organic matter decomposition level, biocontrol agents and plant pathogens in soilborne disease. *Anais, 4ª Reunião Brasileira sobre Controle Biológico de Doenças de Plantas*, Campinas, SP. 1991. pp. 63-77.
- Höper, H. & Alabouvette, C. Importance of physical and chemical soil properties in the suppressiveness of soil to plant diseases. *European Journal of Soil Biology* 32: 41-58. 1996.
- Höper, H.; Steinberg, C. & Alabouvette, C. Involvement of clay type and pH in the mechanisms of soil suppressiveness to *Fusarium* wilt of flax. *Soil Biology and Biochemistry* 27: 955-967. 1995.

- Hornby, D. Suppressive soils. *Annual Review of Phytopathology* 21: 65-85. 1983.
- Hornby, D. (Ed.) *Biological Control of Soil-borne Plant Pathogens*. Wallingford. CAB International. 1990.
- Huber, D.M. & Schneider, R.W. The description and occurrence of suppressive soils. In: Schneider, R.W. (Eds.) *Suppressive Soils and Plant Disease*. St. Paul. The American Phytopathological Society. 1982. pp. 1-7.
- Hyakumachi, M. Suppression and prevention in Rhizoctonia disease: mechanisms involved in disease decline. *Palestras, 5^o Simpósio de Controle Biológico, Foz do Iguaçu, PR*. 1996. pp. 140-149.
- Janvier, C.; Villeneuve, F.; Alabouvette, C.; Edel-Hermann, V.; Matteile, T. & Steinberg, C. Soil health through soil disease suppression: Which strategy from descriptors to indicators? *Soil Biology & Biochemistry* 39: 1-23. 2007.
- Jones, J. P. Fusarium wilt. In: Jones, J. B.; Jones J. P.; Stall, R. E. & Zitter, T. A. (Eds.) *Compendium of Tomato Diseases*. St. Paul. APS Press. 1991. p. 15.
- Kikumoto, T. Ecological aspects of soft rot bacteria. *Report of the Institute for Agricultural Research (Tohoku University)* 31: 19-41. 1980.
- Kikumoto, T. Ecology and biocontrol of soft rot of Chinese cabbage. *Journal of General Plant Pathology* 66: 275-277. 2000.
- Kim, B-S. & Yeoung, Y.R. Suppression of bacterial rot on Chinese cabbage by calcium fertilizer treatment. *Research in Plant Disease* 10: 82-85. 2004.
- Kocks, C.G.; Ruissem, M.A.; Zadoks, J.C. & Duijkers, M.G. Survival and extinction of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* in soil. *European Journal of Plant Pathology* 104: 911-923. 1998.
- Komada, H. Development of a selective medium for quantitative isolation of *Fusarium oxysporum* from natural soil. *Review of Plant Protection Research* 8: 114-125. 1975.
- Kurozawa, C. & Pavan, M. A. Doenças das cucurbitáceas. (abóbora, abobrinha, chuchu, melancia, melão, moranga, pepino). In: Kimati, H.; Amorim, L.; Bergamin Filho, O. A.; Camargo, L. E. A. & Rezende, J. A. M. *Manual de Fitopatologia*. Vol. 2. 3^a. Ed. São Paulo. Ceres. 1997a. pp. 325-337.
- Kurozawa, C. & Pavan, M. A. Doenças do tomateiro. In: Kimati, H.; Amorim, L.; Bergamin Filho, O. A.; Camargo, L. E. A. & Rezende, J. A. M. *Manual de Fitopatologia*. Vol. 2. 3^a. Ed. São Paulo. Ceres. 1997b. pp. 690-719.
- Larkin, R.P.; Hopkins, D.L. & Martin, F.N. Suppression of Fusarium wilt of watermelon by nonpathogenic *Fusarium oxysporum* and other microorganisms recovered from a disease-suppressive soil. *Phytopathology* 86: 812-819. 1996.
- Lartey, R.T.; Curl, E.A.; Peterson, C.M. & Harper, J.D. Mycophagous grazing and food preference of *Proisotoma minuta* (Collembola: Isotomidae) and *Onychiurus encarpatus* (Collembola: Onychiuridae). *Environmental Entomology* 18: 334-337. 1989.
- Laterrot H.; Blancard, D. & Couteaudier Y. Les Fusarioses de la tomate. *P. H. M. Revue Horticole*. 1988. 288 p.
- Lazarovits, G. Managing soilborne plant diseases through selective soil disinfestation by a knowledge based application of soil amendments. *Phytoparasitica* 32: 427-431. 2004.
- Lazarovits, G.; Tenuta, M. & Conn, K.L. Organic amendments as a disease control strategy for soilborne diseases of high-value agricultural crops. *Australasian Plant Pathology* 30: 111-117. 2001.
- Lazarovits, G.; Conn, K.L. & Abbasi, P.A. Understanding the mode of action of organic soil amendments provides the way for improved management of soilborne plant pathogens. In: Vanachter, A. (Ed.) *Proceedings of the Sixth International Symposium on Chemical and Non-Chemical Soil and Substrate Disinfestation*. [S.n., 2005]. pp. 215-222.
- Lazarovits, G.; Abassi, P. & Conn, K. Managing soil agro-ecosystems for environmental and plant health: back to the future. *Summa Phytopathologica* 32: 153-156. 2006.
- Lopes, C. A.; Reis, A. & Ávial, A. C. Doenças do tomateiro para mesa causadas por fungos, bactérias e vírus. *Informe Agropecuário* 24: 66-78. 2003.
- Lumsden, R.D. Development of *Gliocladium virens* for biological control of *Pythium* and *Rhizoctonia* damping-off diseases of seedlings. *Proceedings, 13rd International Plant Protection Congress, The Hague, The Netherlands*. 1995. pp. 385-388
- Luz, W. C. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas e de bioproteção. *Revisão Anual de Patologia de Plantas* 4: 1-47, 1996.

- Mattos, L.P.V. Potencial de hidrolisado de peixe para o controle de fitopatógenos. Dissertação de Mestrado. Lavras MG. Universidade Federal de Lavras. 2007.
- Mattos, L.P.V. & Bettiol, W. Efeito de hidrolisado de peixe na severidade da murcha causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raça 3 em tomateiro. *Summa Phytopatologica* 34: 176. 2008. (Resumo).
- Mazzola, M. Assessment and management of soil microbial community structure for disease suppression. *Annual Review of Phytopathology* 42: 35-59. 2004.
- McLaren, D.L.; Huang, H.C. & Rimmer, S.R. Control of apothecial production of *Sclerotinia sclerotiorum* by *Coniothyrium minitans* and *Talaromyces flavus*. *Plant Disease* 80: 1373-1378. 1996.
- Melo, I.S. *Trichoderma* e *Gliocladium* como bioprotetores de plantas. Revisão Anual de Patologia de Plantas 4: 261-295. 1996.
- Melo, I.S. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas: descrição e potencial de uso na agricultura. In: Melo, I.S. & Azevedo, J.L. (Eds.) *Ecologia Microbiana*. Jaguariúna. Embrapa Meio Ambiente. 1998. pp. 87-116.
- Mew, T.W.; Ho, W.C. & Chu, L. Infectivity and survival of soft-rot bacteria in Chinese cabbage. *Phytopathology* 66: 1325-1327. 1976.
- Moody, S.A.; Pearce, T.G. & Dighton, J. Fate of some fungal spores associated with wheat straw decomposition on passage through the guts of *Lumbricus terrestris* and *Aporrectodea longa*. *Soil Biology and Biochemistry* 28: 533-537. 1996.
- Morales, R.G.F.; Santos, I. & Danner, M.A. Efeito do chorume líquido de suínos na podridão do colo e tombamento de plântulas de feijoeiro causadas por *Sclerotium rolfsii*. *Fitopatologia Brasileira* 32: 429-433. 2007.
- Nahas, E.; Delfino, J.H. & Assis, L.C. Atividade microbiana e propriedades bioquímicas do solo resultantes da aplicação de gesso agrícola na cultura do repolho. *Scientia Agricola* 54: 160-166. 1997.
- Pérombelon, M.C.M. & Hyman, L.J. Survival of soft rot *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* and *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* in soil in Scotland. *Journal of Applied Bacteriology* 66: 95-106. 1989.
- Pérombelon, M.C.M. & Kelman, A. Ecology of the soft rot Erwinias. *Annual Review of Phytopathology* 18: 361-387. 1980.
- Pinto, Z.V. Desenvolvimento de substrato supressivo à murcha do crisântemo causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *chrysantemi*. Tese de Doutorado. Botucatu SP. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". 2008.
- Pinto, Z.V. & Bettiol, W. Supressividade de substratos à *Fusarium oxysporum* para a produção de crisântemo. *Fitopatologia Brasileira* 31: 219-220. 2006.
- Reis, A.; Boiteux, L. S.; Gordiano, L. B.; Costa, H. & Lopes, C. A. Ocorrência de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raça 3 em tomate no Brasil e seleção de novas fontes de resistência ao patógeno. *Fitopatologia Brasileira* 30: 195-198. 2005.
- Rodríguez-Kabana, R. & Calvet, C. Capacidad del suelo para controlar enfermedades de origen edáfica. *Fitopatologia Brasileira* 19: 129-138. 1994.
- Santos, J. R. M. Protocolo de Tecnologia: seleção para resistência a doenças em hortaliças. N.3. Tomateiro/Murcha-de-fusário. Brasília. Embrapa Hortaliças. 1999. 4 p. (Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico 11).
- Schneider, R.W. (Ed.) *Suppressive Soils and Plant Disease*. St. Paul. APS Press. 1982.
- Schuster, M.L. & Coyne, D.P. Survival mechanisms of phytopathogenic bacteria. *Annual Review of Phytopathology* 12: 199-221. 1974.
- Silva, A.M.F.; Mariano, R.L.R.; Michereff, S.J.; Silveira, E.B. & Medeiros, F.H.V. Levantamento da intensidade da podridão-mole da alface e couve-chinesa em Pernambuco. *Caatinga* 20: 84-93. 2007.
- Siqueira, J.O. & Franco, A.A. *Biotecnologia do Solo - Fundamentos e Perspectivas*. Brasília. Ministério da Educação - ABEAS, ESAL/FAEPE. 1988.
- Szcezech, M.; Rondonowski, W.; Brzeski, M.W.; Smolinska, U. & Kotowski, J.F. Suppressiveness effect of a commercial earthworm compost on some root infecting pathogens of cabbage and tomato. *Biological Agriculture and Horticulture* 10: 47-52. 1993.
- Tenuta, M.; Conn, K. L. & Lazarovits, G. Volatile fatty acids in liquid swine manure can kill microsclerotia of *Verticillium dahliae*. *Phytopathology* 92: 548-552. 2002.

- Termorshuizen, A.J.; Van Rijn, E.; Van Der Gaag, D.J.; Alabouvette, C.; Chen, Y.; Lagerlof, J.; Malandrakis, A.A.; Paplomatas, E.J.; Ramert, B.; Ryckeboer, J.; Steinberg, C. & Zmora-Nahum, S. Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: Variability in pathogen response. *Soil Biology & Biochemistry* 38: 2461-2477. 2006.
- Togashi, J. Studies on the outbreak of the soft-rot disease of Chinese cabbage by *Erwinia aroideae* (Townsend) Holl. Report of the Institute for Agricultural Research (Tohoku University) 23: 17-52. 1972.
- Togashi, J. & Sakamoto, M. Studies on the outbreak of the soft-rot disease of Chinese cabbage. Report of the Institute for Agricultural Research (Tohoku University) 17: 17-26. 1966.
- Tokeshi, H. & Galli, F. Variabilidade de *Fusarium f. lycopersici* Sny & Hans em São Paulo. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz 23: 217-227. 1966.
- Toyota, K.; Kitamura, M. & Kimura, M. Suppression of *Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani* PEG-4 in soil following colonization by other *Fusarium* spp. *Soil Biology and Biochemistry* 27: 41-46. 1995.
- Urban, A. F. Molecular and genetic structure of populations of *Fusarium oxysporum* (Schlechtend Ex Fries) f. sp. *lycopersici* (Sacc) Snyder and Hansen and f. sp. *radicis lycopersici* Jarvis and Shoemaker. Ph.D. Thesis. Birmingham UK. Faculty of Science, University of Birmingham. 1994.
- Ureba, M.J.B.; Rodríguez, M.L.; Herrera, J.M.M.V. & Ligeró, A.M.P. Utilización Orgánicas y Cultivo Hidropónico en el Control de la Fusariosis del Clavel. Elucía. Consejería de Agricultura y Pesca. 2005.
- Valenzuela-Ureta, J. G.; Lawn, D. A.; Heisey, R. F. & Zamudionaloa, V. First report of *Fusarium wilt* race 3, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, of tomato in Mexico. *Plant Disease* 80: 105. 1996.
- Van Bruggen, A.H.C. & Semenov, A.M. A new approach to the search for indicators of root disease suppression. *Australasian Plant Pathology* 28: 4-10. 1999.
- Veras, M.S.; Silva, A. S. & Rodrigues, A. A. C. Incorporação de resíduos orgânicos no controle da fusariose em quiabeiros. *Revista Brasileira de Agroecologia* 2: 1190-1193. 2007.
- Vieira, F.C.S. & Nahas, E. Quantificação de bactérias totais e esporuladas no solo. *Scientia Agricola* 57: 539-545. 2000.
- Volin, R. B. & Jones, J. P. A new race of *Fusarium wilt* of tomato in Florida and sources of resistance. *Proceedings of Florida State Horticultural Society* 95: 268-270. 1982.
- Wang, D.; Guaqing, L.; Doohong, J. & Shengxin, X. Sclerotinia species in Hubei Province and potential of *Coniothyrium minutans* as a biocontrol agent. In: Wenhua, T.; Cook, R.J. & Rovira, A. (Eds.) *Advances in Biological Control of Plant Diseases*. Beijing. China Agricultural University Press. 1996. pp. 109-112.
- Weller, D.M. Biological control of soilborne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. *Annual Review of Phytopathology* 26: 379-407. 1988
- Weller, D.M.; Raaijmakers, J.M.; Gardener, B.B.M. & Thomashow, L.S. Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology* 40: 309-348. 2002.
- Yogev, A.; Raviv, M.; Hadar, Y.; Cohen, R. & Katan, J. Plant waste-based composts suppressive to diseases caused by pathogenic *Fusarium oxysporum*. *European Journal of Plant Pathology* 116: 267-278. 2006.