

17

Lodo de Esgoto Associado à Solarização do Solo para o Controle de *Pythium* spp.

*Raquel Ghini; Ivone Alberta Swart Schoenmaker e
Wagner Bettiol*

Introdução

O gênero *Pythium* possui alguns dos mais freqüentes fitopatógenos veiculados pelo solo, especialmente em cultivos intensivos. A facilidade de disseminação, via água de irrigação, substratos, mudas e implementos agrícolas contaminados, agrava o problema, colocando em risco a sustentabilidade do sistema agrícola (Jarvis, 1992).

O controle preventivo é o mais recomendado, evitando-se a entrada do patógeno na área, haja vista que uma vez introduzido no solo, tanto a convivência, quanto a erradicação apresentam problemas, devido aos poucos métodos de controle disponíveis e suas desvantagens.

A desinfestação do solo com produtos químicos envolve o uso de fumigantes, que são biocidas, altamente tóxicos, e que, por esse motivo, exigem cuidados quanto à segurança do aplicador. Além disso, a desinfestação com biocidas promove a formação de “vácuos biológicos”, constituídos por espaços estéreis. Assim, há maior facilidade de reinfestação do solo tratado, devido à eliminação da microbiota. Fungicidas específicos, como metalaxyl, também podem ser utilizados na forma de regas do solo (Kimati et al., 1997). Porém, os impactos ambientais resultantes da aplicação do controle químico para tratamento de solo podem apresentar diversos problemas, pois para atingir o alvo e obter um controle adequado, há a necessidade do tratamento de todo o solo a ser explorado pelas raízes.

A solarização é um método alternativo de desinfestação do solo para o controle de fitopatógenos, plantas invasoras e pragas, desenvolvido por

Katan et al. (1976). A cobertura com um filme plástico transparente promove a elevação da temperatura do solo pela energia solar. Parte da população de patógenos morre por efeito direto do aquecimento, especialmente os propágulos localizados na superfície. Quanto maior a profundidade, menores são as temperaturas atingidas, de modo que é necessário um tempo maior de exposição para que ocorra a inativação das estruturas do patógeno. O aquecimento atua sobre a microbiota do solo em geral e os processos microbianos induzidos são importantes em profundidades onde as temperaturas são subletais ou em climas cujas temperaturas não são favoráveis à solarização (Ghini, 1997). Pullman et al. (1981) verificaram que temperaturas sub-letais causam atraso na germinação, o que varia conforme a temperatura e o tempo de exposição, indicando que danos causados pelo calor se acumulam gradualmente até chegar ao ponto em que o propágulo não se recupera.

O aquecimento artificial (vapor) promove maiores alterações nos componentes bióticos do solo do que a solarização, pois as altas temperaturas atingidas levam à formação do “vácuo biológico”. A redução da comunidade de antagonistas geralmente significa uma rápida disseminação do patógeno reintroduzido. Por outro lado, na solarização, as temperaturas atingidas permitem a sobrevivência de alguns grupos de microrganismos, entre eles muitos antagonistas que são mais tolerantes ao calor e competitivos do que os patógenos de plantas. Ocorre, assim, uma alteração na composição microbiana em favor de antagonistas, estimulando a supressividade do solo a patógenos, dificultando a reinfestação e permitindo que o tratamento dure diversos ciclos da cultura (Ghini, 1997). Katan & DeVay (1991) também citam que o efeito da solarização pode durar mais de um ciclo de plantio, o que significa uma vantagem sobre o uso de fungicidas e herbicidas que é realizado antes de todo o plantio.

Em muitos casos, a solarização pode ser beneficiada pela integração desse tratamento com outros métodos de desinfestação, como métodos químicos e biológicos. A combinação da solarização com a incorporação de fontes de matéria orgânica para obter a biofumigação, por exemplo, tem apresentado resultados promissores na desinfestação de campos ou mesmo no preparo de substratos (Stapleton & DeVay, 1995).

Lodo de Esgoto Associado à Solarização do Solo para o Controle de *Pythium* spp.

A utilização de fontes de matéria orgânica pode melhorar as características físico-químicas do solo, aumentar a comunidade microbiana e ainda ter efeito no controle de doenças de plantas. Resultados de trabalhos com o uso de compostos orgânicos no controle de doenças de plantas têm mostrado que os níveis de controle variam em função do patossistema e do tipo de composto orgânico empregado, tais como: origem do material a ser compostado, método de compostagem, estágio de maturação do composto e composição populacional dos microrganismos decompositores do material orgânico, entre outros fatores (Hoitink & Fahy, 1986).

A atividade microbiana de alguns solos pode prevenir o estabelecimento de fitopatógenos ou inibir suas atividades patogênicas. A supressividade de um solo a um fitopatógeno não significa necessariamente a eliminação do patógeno, mas a ausência ou a supressão da doença nos casos em que plantas suscetíveis são cultivadas nesse solo (Reis, 1991). A supressão do desenvolvimento de doenças pode ocorrer por fungistase; pouca habilidade competitiva saprofítica do patógeno; antibiose; ou outra forma de controle biológico. Solos intensamente cultivados, por exemplo, frequentemente sofrem tratamentos que eliminam parte da microbiota, mas a adição de organismos apropriados pode torná-los supressivos. A adição de diversos materiais, como turfa, adubo verde e materiais orgânicos compostados, pode manter comunidades mistas de organismos antagonistas (Jarvis, 1992).

Gamliel & Stapleton (1993) identificaram compostos voláteis produzidos em solos solarizados com incorporação de resíduos de repolho e também avaliaram o efeito do tratamento sobre *Pythium ultimum* e *Sclerotium rolfsii*. Os principais compostos detectados foram aldeídos (formaldeído e acetaldeído) e compostos de enxofre, incluindo isotiocianatos. O tratamento a 45°C foi eficiente para o controle dos patógenos, mas ineficiente quando a temperatura máxima foi 38°C. Nesta temperatura, com a associação de resíduos de repolho, houve significativa redução de patógenos no solo. Os autores observaram também um aumento na atividade microbiana do solo com a incorporação de resíduos de repolho.

Composto de casca de madeira usado no cultivo de *Poinsettia* apresentou-se supressivo a *Pythium* spp. e *Rhizoctonia solani*, causadores de podridão de raízes e da coroa, além de promover um melhor crescimento e qualidade das plantas. A utilização desse material poderia, eventualmente, eliminar o tratamento com vapor e a utilização de fungicidas no solo (Daft et al., 1979). Compostos originados da coleta seletiva de lixo doméstico podem promover a proteção de plantas contra patógenos de solo (Schueler et al., 1989). Compostos de vegetais apresentaram-se supressivos a *R. solani*, onde foi obtida uma redução de 30 a 70% do patógeno após um período de decomposição de cinco a sete meses, porém com apenas um mês ocorreu estímulo do crescimento do patógeno (Tuitert et al., 1998). O desenvolvimento da supressividade a *R. solani* com o aumento da idade do composto também foi constatado com composto de casca de madeira (Nelson et al., 1983) e composto de lodo de esgoto para o controle de "damping-off", em estufas e viveiros (Kuter et al., 1988).

A disposição final de resíduos urbano-industriais na agricultura é fundamental para a sustentabilidade, pois se estes apresentarem características adequadas, colaboram com a ciclagem de nutrientes e o fornecimento de matéria orgânica. Dentre as fontes disponíveis de matéria orgânica, o lodo de esgoto constitui uma fonte de nutrientes com potencial para aumentar a produtividade de diversos solos agrícolas (Lewis et al., 1992). O crescente volume de lodo de esgoto disponível nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) torna necessária a busca de uma utilização viável para esse material. Para uso na agricultura, são necessários testes para se determinar seus efeitos no agroecossistema, especialmente quanto às características físico-químicas e biológicas do solo, e dentre elas, o controle de fitopatógenos (Bettiol & Camargo, 2000).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da solarização do solo associada à incorporação de lodo de esgoto e outras fontes de matéria orgânica no controle de *Pythium* spp. e em algumas características físicas, químicas e microbiológicas de solo, cultivado com crisântemo e pepino.

Material e Métodos

Crescimento micelial de *Pythium* sp. e emergência de pepino

Inicialmente, foi realizado um ensaio em casa de vegetação para verificar a supressividade resultante da produção de metabólitos voláteis por diferentes fontes de matéria orgânica. A avaliação foi feita por meio da inibição no crescimento micelial de *Pythium* sp., isolado de crisântemo. Foram utilizados os seguintes materiais: lodo de esgoto originário da Estação de Tratamento de Esgoto de Franca, SP (ETE-Franca); cama-de-frango; casca de *Pinus*; composto produzido com resíduos de flores com três semanas, três meses e seis meses de decomposição em leiras, obtidos em cultivo comercial de plantas ornamentais; folhas de repolho e de couve-flor. Os materiais foram desidratados em estufa a 55°C por um período de 96 h. Posteriormente, foi feita uma moagem antes da incorporação ao solo.

Discos de meio de cultura (0,6 mm de diâmetro), contendo micélio de *Pythium* sp., foram transferidos para placas (9 cm de diâmetro) com meio de cultura de BDA. Após a repicagem do patógeno, as tampas das placas foram substituídas por uma tela de náilon, que permite trocas gasosas. Em seguida, as placas foram enterradas, na posição vertical, em vasos (capacidade de 5 L) contendo solo (obtido em barranco, com umidade de 6,37 %) misturado com os diferentes resíduos nas concentrações de 10 e 20% (v/v). Foi colocada uma placa por vaso, em cinco repetições. A mistura foi umedecida com 300 mL de água por vaso. Os vasos foram envoltos individualmente por sacos plásticos negros, fechados e mantidos em sala com temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, por 48 h. As testemunhas foram constituídas por placas colocadas em vasos com e sem solo de barranco. A supressividade foi avaliada pelo crescimento micelial do patógeno, por meio da medição de dois diâmetros perpendiculares. O experimento foi repetido três vezes.

Após terem sido realizadas as avaliações do crescimento micelial do patógeno, os vasos foram transferidos para casa de vegetação, onde foram adicionados 5 g de aveia na superfície do solo contido em cada vaso, com a finalidade de estimular a comunidade nativa de *Pythium* spp., e

semeadas cinco sementes de pepino do híbrido Safira. Após 6 dias, foi feita a avaliação da emergência de plântulas de pepino.

Tombamento de pepino, causado por *Pythium* spp., com a utilização de diferentes fontes de matéria orgânica

Para avaliar o efeito dos resíduos na ocorrência de tombamento de plântulas de pepino, causado por *Pythium* spp., foi utilizado o método descrito por Lourd et al. (1986). Os resíduos testados foram: lodo de esgoto da ETE-Franca, cama-de-frango, casca de *Pinus*, composto produzido com resíduos de flores com três semanas, três meses e seis meses de decomposição em leiras, folhas de repolho e de couve-flor. Os materiais foram desidratados em estufa a 55°C por um período de 144 h. Foi realizada uma moagem antes da incorporação ao solo naturalmente infestado com *Pythium* spp., obtido em cultivo comercial de crisântemos.

O solo infestado foi misturado com as diferentes matérias orgânicas nas concentrações de 10 e 20% (v/v), e mantido em sacos plásticos (400 g de solo por saco), durante 20 dias, em cinco repetições para cada tratamento. Após esse período, foram adicionados 35 g de farelo de aveia por litro de cada mistura e, após 48 h, a mistura foi colocada no colo de plântulas de pepino.

As plântulas de pepino do híbrido Safira foram obtidas em solo autoclavado por 1 h, 1 atm, 120°C, em dois dias consecutivos, contido em vasos. Cada vaso com capacidade de 600 mL, continha 10 plântulas de pepino, com cinco dias de idade.

A avaliação foi realizada pela contagem de plântulas de pepino tombadas, após 72 h da colocação dos solos tratados no colo das plântulas. Isolamentos do patógeno foram feitos para confirmar a presença de *Pythium* e a identificação de pelo menos um isolado por tratamento foi realizada no Instituto de Botânica de São Paulo.

Ensaio de campo

Dois experimentos foram conduzidos com a associação de solarização e fontes de matéria orgânica, o primeiro numa área comercialmente

Lodo de Esgoto Associado à Solarização do Solo para o Controle de *Pythium* spp.

cultivada com crisântemos de corte, localizada no município de Santo Antônio de Posse, SP (latitude 22° 37' sul, longitude 46° W. Gr.) e, o segundo, em área experimental da Embrapa Meio Ambiente, Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental (Jaguariúna, SP, latitude 22° 41' sul, longitude 47° W. Gr.). No primeiro experimento foi observada a ocorrência de *Pythium ultimum* Trow var. *ultimum* Plaats-Niterink e *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp. No segundo experimento, foram obtidos isolados de *P. aphanidermatum* e *Pythium graminicola* Subramaniam.

Os tratamentos se constituíram da combinação de dois fatores: solarização (solarizado ou não) e fontes de matéria orgânica (lodo de esgoto da ETE-Franca, cama-de-frango, casca de *Pinus* e sem matéria orgânica). As três fontes de matéria orgânica foram escolhidas devido às diferenças quanto à relação C/N, além da disponibilidade na região (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos das fontes de matéria orgânica avaliadas para o controle de *Pythium* spp. em pepino e crisântemo.

Atributo	Cama-de-frango	Casca de <i>Pinus</i>	Lodo de esgoto
N (%)	3,15	1,07	5,00
P ₂ O ₅ (g kg ⁻¹)	28,5	1,8	30,5
K ₂ O (g kg ⁻¹)	19,40	1,10	0,76
Ca (g kg ⁻¹)	14,8	0,5	12,5
Mg (g kg ⁻¹)	5,00	0,66	2,30
S (g kg ⁻¹)	10,0	3,6	32,0
Fe (mg kg ⁻¹)	1100	975	38500
Mn (mg kg ⁻¹)	470	160	295
Cu (mg kg ⁻¹)	99	38	245
Zn (mg kg ⁻¹)	405	45	1000
B (mg kg ⁻¹)	110	550	310
Na (g kg ⁻¹)	2,80	0,34	0,44
Matéria orgânica (%)	83,45	93,00	64,60
Cinzas (%)	16,55	7,00	35,40
Umidade (%)	23,65	61,12	81,45
pH (água)	6,5	5,4	6,1
Relação C/N	15	50	7

No primeiro experimento, realizado em área comercialmente cultivada com crisântemo, as fontes de matéria orgânica foram incorporadas ao solo, com enxada, até aproximadamente a profundidade de 20 cm, na quantidade de 1 kg matéria seca m⁻², juntamente com a solarização, que

consistiu na cobertura do solo úmido com um filme plástico de polietileno transparente com 100 mm de espessura. O período de solarização foi de 11 de fevereiro a 17 de março de 1999. Esse período, segundo Ghini et al. (1994), é adequado para a solarização nessa região. Durante a solarização, a temperatura dos solos foi registrada em intervalos de 1 h, na profundidade de 10 cm, em uma repetição por tratamento. Após os tratamentos, foi feito o cultivo de crisântemo, segundo o método convencional da região, porém sem aplicação de fungicidas via solo.

As parcelas foram constituídas por dois canteiros, cada um com 1,2 m de largura e 6 m de comprimento, espaçados por 40 cm. Filmes plásticos com 4 m de largura e 6,4 m de comprimento foram colocados sobre a parcela e, para fixação, as bordas foram enterradas em sulcos no solo. O delineamento experimental adotado foi o casualizado em blocos, com três repetições.

As amostras de solo foram coletadas até a profundidade de 20 cm, com auxílio de um trado com dois cm de diâmetro, sendo obtidas 15 sub amostras em cada canteiro de cada parcela, totalizando duas amostras compostas por parcela. As coletas foram realizadas antes da solarização e da incorporação das diferentes fontes de matéria orgânica, e aos 15, 35, 91 e 138 dias após incorporação de matéria orgânica. A coleta aos 15 dias foi feita durante a solarização, com a retirada e imediata colocação do plástico. A coleta aos 35 dias foi feita após o término da solarização. O plantio do crisântemo, variedade Polaris, foi realizado 50 dias após a incorporação das matérias orgânicas.

Os solos amostrados foram analisados quanto ao teor de umidade, pH, condutividade elétrica (Embrapa, 1997) e atividade microbiana (hidrólise de diacetato de fluoresceína e desprendimento de CO₂). Também foram feitas avaliações quanto a incidência de *Pythium* spp. no solo e ocorrência de plantas invasoras, resistência do solo à penetração, altura de plantas e peso da matéria seca do sistema radicular de crisântemo.

Além da avaliação da ocorrência de plantas de crisântemo com sintomas de murcha e podridão radicular, seguida de isolamentos em laboratório, a comunidade de *Pythium* spp. no solo também foi avaliada pelo método descrito

Lodo de Esgoto Associado à Solarização do Solo para o Controle de *Pythium* spp.

por Lourd et al. (1986), o qual consiste na colocação da mistura do solo, a ser avaliado, acrescido de farelo de aveia ao nível do colo de plântulas de pepino em estágio de cotilédones abertos, cultivadas em solo esterilizado. Foram utilizados dois vasos de 600 mL para cada amostra composta de solo. Os vasos com plântulas de pepino foram mantidos em casa de vegetação e a avaliação foi realizada pela contagem de plântulas tombadas e isolamento do patógeno.

A atividade microbiana do solo foi avaliada por meio dos métodos de hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA), descrito por Boehm & Hoitink (1992) e Ghini et al. (1998), e do desprendimento de CO₂, descrito por Grisi (1978).

A avaliação da ocorrência de plantas invasoras foi realizada imediatamente após o término da solarização numa área de 0,75 m², em três repetições por parcela, determinando-se a massa de matéria fresca e seca. A resistência à penetração do solo foi determinada com o auxílio de penetrômetro manual.

A altura da parte aérea e a massa do sistema radicular do crisântemo foram avaliados em cinco plantas por parcela, aos 119 dias após a incorporação das fontes de matéria orgânica. Durante o período de colheita foram realizadas avaliações da qualidade e produtividade de flores nos diferentes tratamentos.

No segundo experimento, para infestação de uma área da Embrapa Meio Ambiente, anteriormente cultivada com *Bracchiaria*, 15 kg de solo infestado com *Pythium* spp., obtido em cultivo comercial de crisântemo, adicionados a 400 g de farelo de aveia por m² (Lourd et al., 1986) foram incorporados ao solo. Após a infestação, foram incorporadas manualmente as diferentes fontes de matéria orgânica (Tabela 1), até a profundidade aproximada de 10 cm, na quantidade de 1 kg de matéria seca m². A solarização foi realizada com um filme plástico de polietileno transparente (50 mm de espessura), durante o período de 22 de setembro a 3 de novembro de 1999.

O delineamento experimental foi em parcelas subdivididas, casualizadas em blocos, com três repetições. Cada parcela possuía 3m² (1 x 3 m). As parcelas solarizadas foram agrupadas, sendo a colocação de plástico

numa área de 3,5 x 7 m por bloco. Esse delineamento foi escolhido, com a finalidade de eliminar o efeito de borda e garantir a homogeneidade de temperatura no centro das parcelas solarizadas (Grinstein et al., 1995).

Amostras de solo foram coletadas após o período de solarização para avaliação da atividade microbiana, conforme descrito anteriormente.

A semeadura de pepino híbrido Safira foi feita logo após a retirada do plástico, em quatro linhas por parcela, com espaçamento de 15 cm entre linhas e 8 cm entre plantas, totalizando 35 sementes por linha. Apesar do uso de lodo de esgoto ser proibido em hortaliças pela norma P4230 da CETESB (CETESB, 1999), o pepino foi utilizado nesse estudo como indicador para o controle de *Pythium*.

O controle do patógeno foi determinado avaliando-se o número de plantas sadias por parcela, 15 dias após a semeadura. Além disso, foram feitos isolamentos de *Pythium* spp. dos solos das parcelas, através da técnica descrita por Hine & Luna (1963) modificada. Para tanto, cubos de batata (3 mm) foram mergulhados em suspensão contendo sulfato de estreptomicina (100 mg mL⁻¹) e benomyl (20 mg mL⁻¹), durante 1 h, colocados nos solos dos diferentes tratamentos, contidos em placas de Petri e incubados a 31 °C por 12 a 15 h. Em seguida, os cubos foram removidos, lavados em água de torneira e plaqueados em ágar-água suplementado com estreptomicina (100 mg mL⁻¹) e benomyl (20 mg mL⁻¹). A avaliação foi realizada pela determinação da porcentagem de recuperação do patógeno nos cubos. Foram colocados 10 cubos de batata por placa, em três repetições.

Resultados

Crescimento micelial de *Pythium* sp. e emergência de pepino.

Dos resíduos incorporados ao solo e testados quanto à inibição do crescimento micelial de *Pythium* spp. pela produção de metabólitos voláteis, somente as folhas de couve-flor na concentração de 20% promoveram uma

Lodo de Esgoto Associado à Solarização do Solo para o Controle de *Pythium* spp.

redução no crescimento. Os demais resíduos não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 2).

Apesar de ter sido feita uma desidratação dos materiais, previamente à incorporação ao solo, as folhas de couve-flor apresentaram um alto teor de umidade (61,74%). Entretanto, mesmo com um teor de umidade maior do que os demais, os resultados obtidos com as folhas de couve-flor foram superiores aos outros tratamentos, provavelmente, pela produção de compostos voláteis (Tabela 2).

A presença de metabólitos voláteis, tóxicos a fitopatógenos, em espécies de *Brassica*, é conhecida há anos, quando Walker et al. (1937) observaram seus efeitos em diversos fungos, em testes cuja finalidade era demonstrar os mecanismos de resistência dessas plantas aos fitopatógenos. Entretanto, a produção de glucosinolatos depende, segundo Kirkegaard et al. (1998), de diversos fatores como: espécie da planta, idade, condições de cultivo e tipo de tecido vegetal, sendo que tais fatores devem ser considerados na utilização prática do material.

Tabela 2. Efeito de fontes e concentrações de matéria orgânica no crescimento micelial de *Pythium* sp. em placas enterradas em solo contido em vasos.

Tratamento	Diâmetro da colônia (cm) nas concentrações de:	
	10 %	20 %
Lodo de esgoto	7,90 aA	6,74 aA
Cama-de-frango	7,72 aA	6,40 aA
Casca de <i>Pinus</i>	7,16 aA	7,26 aA
Folhas de couve-flor	6,62 aA	3,15 bB
Folhas de repolho	7,90 aA	6,59 aA
Composto com 3 semanas	7,58 aA	7,07 aA
Composto com 3 meses	7,42 aA	7,80 aA
Composto com 6 meses	7,46 aA	7,90 aA
Médias	7,46 A	6,53 B

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Duncan ao nível de 0,05 de probabilidade. Para a análise estatística, os dados foram transformados em $(x + 1)^2$.

Quando as misturas de solo e as fontes de matéria orgânica receberam aveia para estimular a comunidade nativa de *Pythium* spp. do solo, verificou-se que a cama-de-frango e o lodo de esgoto incorporados na

concentração de 20% também promoveram alta porcentagem de emergência de plântulas de pepino (Tabela 3), assim como as folhas de couve-flor. Desse modo, outros mecanismos diferentes da produção de metabólitos voláteis podem estar atuando após a incorporação de cama-de-frango e lodo de esgoto.

Tabela 3. Efeito de fontes e concentrações de matéria orgânica na emergência e tombamento de plântulas de pepino em solos onde a comunidade nativa de *Pythium* spp. foi estimulada pela adição de aveia, em condições de cultivo protegido.

Tratamento	Concentração (%)	Emergência de plântulas ⁽¹⁾ (%)	Tombamento de plântulas ⁽²⁾ (%)
Lodo de esgoto	10	24,0 c ⁽³⁾	0
	20	56,0 b	0
Cama-de-frango	10	28,0 c	0
	20	84,0 a	0
Casca de <i>Pinus</i>	10	0,0	75,62 ab
	20	0,0	76,34 ab
Folhas de couve-flor	10	48,0 b	0
	20	80,0 a	0
Folhas de repolho	10	8,0 d	67,18 bc
	20	4,0 d	18,10 e
Composto com 3 semanas	10	0,0	26,94 de
	20	4,0 d	75,38 ab
Composto com 3 meses	10	4,0 d	64,46 bc
	20	0,0	95,56 a
Composto com 6 meses	10	0,0	67,80 bc
	20	0,0	73,28 ab
Testemunha com solo	-	0,0	44,90 cd

⁽¹⁾ Sementes de pepino semeadas em vasos contendo os solos tratados.

⁽²⁾ Solos tratados colocados no colo de plântulas de pepino.

⁽³⁾ Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Duncan ao nível de 0,05 de probabilidade. Os tratamentos que não apresentaram tombamento de plântulas de pepino não foram incluídos na análise estatística.

Tombamento de pepino, causado por *Pythium* spp., com a utilização de diferentes fontes de matéria orgânica

Folhas de couve-flor, lodo de esgoto e cama-de-frango também apresentaram controle total do patógeno nas concentrações de 10 e 20%, quando foi realizada a avaliação pelo método descrito por Lourd et al. (1986). A casca de *Pinus* e os compostos produzidos com resíduos de flores não tiveram

Lodo de Esgoto Associado à Solarização do Solo para o Controle de *Pythium* spp.

efeito sobre o patógeno, apresentando inclusive algum estímulo ao tombamento de plântulas em relação à testemunha (Tabela 3).

Os resultados obtidos no teste de tombamento de plântulas de pepino estão de acordo com os obtidos no teste de emergência em solos tratados com resíduos, onde as folhas de couve-flor, a cama-de-frango e o lodo de esgoto apresentaram controle do patógeno (Tabela 3). A supressividade de solos a fitopatógenos conferida por fontes de matéria orgânica pode ser resultante tanto de alterações na composição e atividade da microbiota, quanto das características físicas e químicas dos solos (Rodríguez-Kábana & Calvet, 1994). A redução da incidência da doença pode ainda ser atribuída ao aumento das defesas da planta hospedeira, ou devida à inibição direta da atividade ou crescimento do patógeno.

A eficácia dos materiais orgânicos incorporados depende da relação C:N, do tipo de material usado, do tempo decorrido da incorporação e do patógeno em questão (Grünwald & van Bruggen, 2000). Alguns resíduos promovem o aumento da incidência de doenças, por prover uma base alimentar, aumentando a sobrevivência do patógeno. Esse fato pode ter ocorrido com a incorporação de compostos de resíduos de flores e casca de *Pinus* (Tabela 3). O estágio de decomposição do material orgânico também é importante, particularmente com patógenos que são fracos competidores por nutrientes, como *Pythium* spp. Materiais não decompostos podem causar problemas com esses patógenos, enquanto que materiais mais decompostos apresentam-se supressivos (Grünwald & van Bruggen, 2000). Por esse motivo, Boehm & Hoitink (1992) obtiveram um substrato supressivo a *Pythium* a partir de composto de casca de *Pinus*, enquanto que no presente trabalho, houve aumento da doença com a incorporação desse material não compostado. Entretanto, é necessário que o material forneça uma base alimentar suficiente para sustentar o desenvolvimento de antagonistas, já que compostos totalmente estabilizados perdem a capacidade de controlar *Pythium* (Boehm & Hoitink, 1992).

O controle da doença com a incorporação de lodo de esgoto também foi obtido por Bettiol & Krügner (1984), que observaram que a incorporação desse material resultou na redução da podridão de raiz do sorgo causada por *Pythium arrhenomanes*. Para Millner et al. (1982), o efeito de

lodo de esgoto para algumas doenças é evidente no primeiro ciclo de cultivo e mantido constante nos cultivos subsequentes; para outras doenças, o efeito não é imediato, mas a longo prazo.

No ensaio conduzido para avaliar o efeito das fontes de matéria orgânica no tombamento de plântulas de pepino, foram obtidos isolados de *Pythium ultimum* Trow var. *ultimum* Plaats-Niterink e *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp. A variabilidade observada pode ser devida ao fato de tratar-se de solo naturalmente infestado e proveniente de área de cultivo intensivo.

Ensaio em campo

A solarização promoveu um significativo aumento na temperatura do solo a 10 cm de profundidade, especialmente durante a segunda quinzena de solarização (Tabela 4). O aumento de temperatura foi de pelo menos 10°C, em relação aos tratamentos não solarizados. Com relação ao efeito das fontes de matéria orgânica no aquecimento do solo, foi observado que as maiores temperaturas máximas ocorreram no solo solarizado com adição de cama-de-frango (Tabela 4). A adição de matéria orgânica também propiciou o aumento da temperatura máxima média dos solos não solarizados.

No ensaio com crisântemo, a umidade inicial do solo, antes dos tratamentos foi de 17,55 %. Na avaliação realizada durante a solarização (15 dias), não haviam diferenças entre os tratamentos. Entretanto, ao final da solarização (35 dias), os tratamentos solarizados apresentaram maiores teores de umidade (19,60 %) do que os não solarizados (16,39 %). Com o decorrer do ciclo da cultura, devido à realização de irrigações, os tratamentos não diferiram entre si. Da mesma forma, no ensaio com pepino, ao final da solarização, os teores de umidade dos solos dos tratamentos solarizados e não solarizados foram 12,31 % e 5,94 %, respectivamente. Os maiores teores de umidade do solo solarizado permitem a germinação de propágulos de resistência dos patógenos, tornando-os mais sensíveis à ação de temperatura, além de garantir as condições necessárias para as alterações microbianas ocorridas durante o tratamento (Katan & DeVay, 1991). As fontes de matéria orgânica não apresentaram efeito no teor de umidade dos solos.

Lodo de Esgoto Associado à Solarização do Solo para o Controle de *Pythium* spp.

Tabela 4. Número de horas em que as temperaturas do solo superaram 36, 38 e 40°C, durante a primeira quinzena de solarização (de 12 a 24 fevereiro) e a segunda quinzena (3 a 17 de março de 1999) de solarização, na profundidade de 10 cm.

Tratamento	> 36°C		> 38°C		> 40°C		Temperatura máxima (°C)	
	1quinz	2quinz	1quinz	2quinz	1quinz	2quinz	Absoluta	Média
Test. não solar. ⁽¹⁾	7	0	1	0	0	0	38,2	31,9
Test. solar.	131	156	92	116	58	88	48,3	43,1
Lodo não solar.	8	8	0	0	0	0	37,6	33,2
Lodo solar.	142	180	107	132	80	104	49,5	44,3
C.F. não solar.	11	1	1	0	0	0	38,2	32,7
C.F. solar.	134	193	99	148	66	120	51,4	46,2
C.P. não solar.	11	10	1	0	0	0	38,2	33,4
C.P. solar.	146	180	99	129	69	106	48,3	44,2

⁽¹⁾ Test. = testemunha; solar. = solarizada; lodo = lodo de esgoto; C. F. = cama -de-frango; C. P. = casca de *Pinus*.

Antes do início do primeiro ensaio, bem como no seu final, os tratamentos não apresentaram diferenças estatisticamente significativas, quanto ao pH e a condutividade elétrica (Fig. 1). Aos 15 dias, a avaliação de pH resultou numa interação significativa entre os fatores solarização e matéria orgânica, sendo que os tratamentos com lodo de esgoto e cama-de-frango nos solos não solarizados apresentaram uma redução de pH que diferiu significativamente dos tratamentos com casca de *Pinus* e testemunha (Fig. 1). Nessa mesma data, nos solos que receberam cama-de-frango, houve uma maior redução de pH no tratamento não solarizado do que no solarizado. Em todas as avaliações realizadas quanto à condutividade elétrica, os solos que receberam a incorporação de casca de *Pinus* não diferiram do controle e os solos solarizados e com incorporação de cama-de-frango e lodo de esgoto, aos 15 e 35 dias, apresentaram maior condutividade do que os não solarizados (Fig. 1).

A condutividade elétrica pode ter efeito significativo no controle de *Pythium* spp. Martin & Hancock (1986) concluíram que a supressividade de solos a *P. ultimum* ocorre devido ao aumento na salinidade quando concentrações de Cl chegam a níveis que inibem suas atividades saprofitas, favorecendo a habilidade competitiva saprofítica de *P. oligandrum*

(antagonista de *P. ultimum*) e aumentando, então, sua população. A ocorrência da supressividade a *P. ultimum* depende da densidade do inóculo e da textura do solo, o que está relacionado à predisposição do tipo de solo a problemas de salinidade.

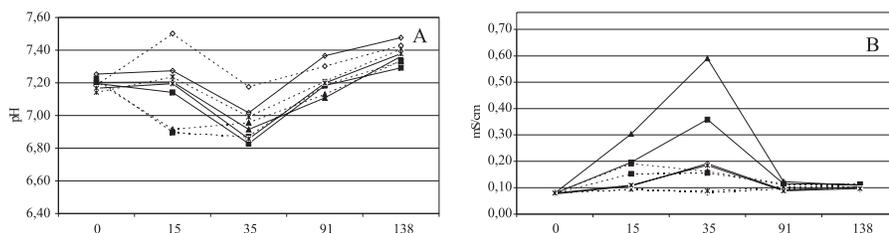


Fig. 1. Efeito de fontes de matéria orgânica (\diamond = testemunha, \blacksquare = lodo de esgoto, Δ = cama-de-frango, * = casca de *Pinus*) e da solarização (---- = não solarizado, — = solarizado) no pH (A) e na condutividade elétrica (B) do solo no primeiro ensaio, realizado numa área cultivada comercialmente com crisântemo.

A atividade microbiana do solo, avaliada por meio da hidrólise de diacetato de fluoresceína e desprendimento de CO_2 , nos dois ensaios, foi maior com a incorporação de cama-de-frango, do que com as demais fontes de matéria orgânica (Tabela 5 e Fig. 2). Isso foi motivado pela relação C/N associada ao alto teor de matéria orgânica da cama-de-frango (Tabela 1), havendo matéria orgânica decomponível e N suficiente para a sua decomposição. Esse fato demonstra a fácil degradabilidade da matéria orgânica da cama-de-frango, em relação aos demais materiais. O lodo teve desprendimento de CO_2 semelhante do controle porque, dentre os materiais estudados, foi o que apresentou menor teor de matéria orgânica e maior teor de cinzas (Tabela 1). A casca de *Pinus* reduziu a atividade microbiana do solo, avaliada pela hidrólise de FDA, dos 15 aos 91 dias, voltando a aumentar depois desse período, devido a uma provável redução na relação C/N, haja vista que a sua matéria orgânica é de lenta decomposição.

Lodo de Esgoto Associado à Solarização do Solo para o Controle de *Pythium* spp.

Tabela 5. Efeito da solarização e de fontes de matéria orgânica na atividade microbiana do solo, avaliada pela hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) e desprendimento de CO₂, na porcentagem de plantas sadias de pepino e na porcentagem de recuperação de *Pythium* spp. no solo, no segundo ensaio, realizado na área artificialmente infestada, com cultura de pepino ⁽¹⁾.

Tratamentos	Matérias orgânicas			Testemunha	Médias
	Lodo de esgoto	Cama-de-frango	Casca de <i>Pinus</i>		
		μg FDA hidrolisado g solo seco ⁻¹			
Não solarizado	25,20	39,12	25,46	22,51	28,07 a
Solarizado	16,64	28,62	22,27	18,34	21,47 b
Médias	20,92 B	33,87 A	23,86 B	20,43 B	
		mg CO ₂ g ⁻¹ solo seco ⁽²⁾			
Não solarizado	0,23	0,38	0,21	0,18	0,25 b
Solarizado	0,38	1,05	0,39	0,38	0,55 a
Médias	0,30 B	0,71 A	0,30 B	0,28 B	
		Plantas sadias de pepino (%) ⁽³⁾			
Não solarizado	14,1 ¹ bB	25,0 bA	8,6 bB	28,8 bA	19,1
Solarizado	84,5 aAB	91,2 aA	82,6 aAB	77,9 aB	84,0
Médias	49,3	58,1	45,6	53,3	
		Recuperação de <i>Pythium</i> spp. (%) ⁽⁴⁾			
Não solarizado	90,0 aAB ⁽¹⁾	76,6 aC	92,2 aA	90,0 aAB	87,2
Solarizado	3,3 bA	13,3 bA	13,3 bA	8,8 bA	9,7
Médias	46,6	45,0	52,7	49,4	

⁽¹⁾ Para cada variável avaliada, médias de solarização seguidas pela mesma letra minúscula (coluna) e médias de matéria orgânica seguidas pela mesma letra maiúscula (linha) não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade.

⁽²⁾ Para análise estatística os dados foram transformados em: $\log x$.

⁽³⁾ Para análise estatística, os dados originais (número médio de plantas sadias de pepino em quatro linhas de plantio/parcela) foram transformados em: $x + 1$.

⁽⁴⁾ Recuperação pelo método de iscas de cubos de batata. Para a análise estatística, os dados originais (número de cubos de batata com *Pythium* spp.) foram transformados em $x + 1$.

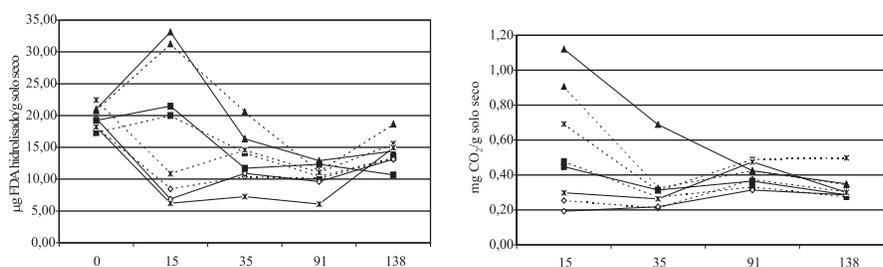


Fig. 2. Efeito de fontes de matéria orgânica (◊ = testemunha, % = lodo de esgoto, Δ = cama-de-frango, " * = casca de *Pinus*) e da solarização (--- = não solarizado, — = solarizado) na atividade microbiana do solo, avaliada pela hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) (A) e no desprendimento de CO₂ (B) no primeiro ensaio, realizado numa área comercialmente cultivada com crisântemo.

Lodo de Esgoto: Impactos Ambientais da Agricultura

Logo após a retirada do plástico, as parcelas solarizadas do experimento realizado em área comercialmente cultivada com crisântemo não apresentaram plantas invasoras, ao passo que as parcelas não solarizadas apresentaram, em média, matéria fresca e seca de 155,02 e 40,89 g m⁻², respectivamente. Esses dados estão de acordo com os de Bettiol et al. (1994), em trabalho realizado com solarização para controle de *Pythium* e plantas invasoras, em cultivo de crisântemo, no Município de Holambra, SP. As fontes de matéria orgânica não diferiram quanto a essa variável.

Os solos solarizados não diferiram dos não solarizados quanto à resistência à penetração (Tabela 6), porém, o lodo de esgoto e a casca de *Pinus* aumentaram a resistência à penetração dos solos, em relação aos demais tratamentos.

Tabela 6. Efeito de fontes de matéria orgânica e da solarização na resistência à penetração do solo, altura de plantas e produção de matéria fresca de raízes de crisântemo, no primeiro ensaio, realizado numa área cultivada comercialmente com crisântemo ⁽¹⁾.

Tratamentos	Matéria orgânica				Médias
	Lodo de esgoto	Cama-de-frango	Casca de <i>Pinus</i>	Testemunha	
Resistência à penetração do solo (kgf cm ⁻²)					
Não solarizado	0,86	0,48	1,04	0,45	0,71 a
Solarizado	1,52	0,28	0,98	0,35	0,78 a
Médias	1,19 A	0,38 B	1,01 A	0,40 B	
Altura de plantas de crisântemo (cm)					
Não solarizado	110,00	114,63	112,53	108,53	111,33 a
Solarizado	113,66	116,53	110,63	113,60	113,60 a
Médias	111,83 A	115,58 A	111,40 A	111,06 A	
Massa de raízes de crisântemo (g planta ⁻¹)					
Não solarizado	4,32	5,26	4,72	5,23	4,88 a
Solarizado	5,03	5,39	4,55	5,47	5,11 a
Médias	4,67 A	5,33 A	4,63 A	5,35 A	

⁽¹⁾ Para cada variável avaliada, médias de solarização seguidas pela mesma letra minúscula (coluna) e médias de matéria orgânica seguidas pela mesma letra maiúscula (linha) não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade.

Lodo de Esgoto Associado à Solarização do Solo para o Controle de *Pythium* spp.

Não houve a ocorrência de *Pythium* na cultura de crisântemo, possivelmente devido às condições climáticas, assim foi utilizado o método de Lourd et al. (1986), onde plântulas de pepino atuam como indicadoras da presença do patógeno nos solos. A incorporação de cama-de-frango controlou significativamente o tombamento em todos os períodos avaliados (Tabela 7), exceto aos 91 dias após a incorporação de matéria orgânica. A baixa porcentagem de tombamento de plântulas aos 91 dias foi devida às condições climáticas desfavoráveis ao patógeno, que resultou na ausência de diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 7. Efeito de fontes de matéria orgânica e da solarização na sobrevivência de *Pythium* spp., avaliada pela porcentagem de tombamento de mudas de pepino, após diferentes períodos de incorporação de matéria orgânica, em solo do primeiro ensaio, realizado em área cultivada comercialmente com crisântemo.

Período	Tratamentos	Matérias orgânicas			Testemunha	Médias
		Lodo de esgoto	Cama-de-frango	Casca de Pinus		
15 dias	Não solarizado	100,00	73,16	96,16	99,16	92,12 a
	Solarizado	93,36	29,16	98,96	98,23	79,93 a
	Médias	96,68 A	51,16 B	97,56 A	98,70 A	
35 dias ⁽¹⁾	Não solarizado	100,00	58,40	98,96	100,00	89,34 a
	Solarizado	100,00	71,50	100,00	98,20	92,42 a
	Médias	100,00 A	64,95 B	99,48 A	99,10 A	
91 dias ⁽²⁾	Não solarizado	45,43	27,96	16,66	37,03	31,77 a
	Solarizado	34,23	29,16	33,33	20,00	29,18 a
	Médias	39,83 A	28,56 A	25,00 A	28,51 A	
138 dias	Não solarizado	73,86	41,90	58,23	81,50	63,87 a
	Solarizado	45,63	36,56	50,06	77,00	52,31 a
	Médias	59,75 AB	39,23 C	54,15 BC	79,25 A	

Dentro de cada período de avaliação, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade.

⁽¹⁾ Para análise estatística os dados foram transformados em: $x^{7,2}$.

⁽²⁾ Para análise estatística os dados foram transformados em: $(x + 1)^{-0,1}$.

A solarização controlou significativamente a doença, no ensaio com a infestação do solo, quando foram avaliadas as porcentagens de plantas saudas de pepino e de recuperação de *Pythium* spp. (Tabela 5). Esses resultados estão de acordo com os de Bettiol et al. (1994), onde a solarização foi um eficiente método de controle do patógeno. Por outro lado, Patricio (2000) verificou que *Pythium aphanidermatum* não foi consistentemente controlado

pela solarização, sendo que em alguns experimentos ocorreu redução na viabilidade do patógeno nas camadas mais superficiais do solo e favorecimento na profundidade de 20 cm.

A condutividade elétrica apresentou correlação positiva com a hidrólise de FDA e desprendimento de CO₂, e negativa com o tombamento de plântulas de pepino. O desprendimento de CO₂ e a hidrólise de FDA também foram negativamente correlacionados com o tombamento de plântulas, nas avaliações realizadas 15 dias após a incorporação da matéria orgânica, no ensaio instalado em área comercial de crisântemo (Tabela 8). O pH não apresentou correlação com as demais variáveis. Ghini et al. (1998) também verificaram que o crescimento micelial de *R. solani* foi negativamente correlacionado com a atividade microbiana e com o teor de matéria orgânica dos solos.

Tabela 8. Correlação linear simples entre as variáveis avaliadas no primeiro ensaio de solarização do solo associada a fontes de matéria orgânica, realizado numa área comercialmente cultivada com crisântemo ⁽¹⁾.

	pH	Condutividade elétrica	Hidrólise de FDA	Desprendimento de CO ₂	Tombamento de plântulas de pepino causado por <i>Pythium</i>
pH	-	-0,2391 ns	-0,3678 ns	-0,2601 ns	0,1612 ns
Condutividade elétrica		-	0,8591**	0,7495**	-0,8063**
Hidrólise de FDA			-	0,7924**	-0,7314**
Desprendimento de CO ₂				-	-0,7443**
Tombamento de plântulas de pepino causado por <i>Pythium</i>					-

⁽¹⁾ Avaliação realizada 15 dias após a incorporação das fontes de matéria orgânica ao solo.

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t; ns = não significativo.

De modo geral, em solos solarizados houve um maior desenvolvimento de plantas (Katan & DeVay, 1991). Porém, nesse estudo não houve diferença quanto a altura de plantas e produção de matéria fresca do

Lodo de Esgoto Associado à Solarização do Solo para o Controle de *Pythium* spp.

sistema radicular (Tabela 6), nem nas avaliações quanto à qualidade de flores e produtividade de crisântemo entre os diferentes tratamentos. Provavelmente, esse fato se deve à não ocorrência da doença e à intensa fertilização que a cultura recebe durante o ciclo, eliminando as possíveis diferenças entre os tratamentos.

A incorporação de cama-de-frango resultou em maiores temperaturas no solo solarizado (Tabela 2), redução do pH e aumento na condutividade elétrica (Fig. 1), maior atividade microbiana do solo (Fig. 2 e Tabela 5), além de controle do patógeno (Tabelas 3, 5 e 7). As alterações observadas no solo, após o tratamento com cama-de-frango, podem ter sido as responsáveis pela indução de supressividade, que resulta na prevenção do estabelecimento do patógeno ou na inibição de suas atividades. O lodo de esgoto, apesar de ter causado redução do pH e aumento da condutividade elétrica (Fig. 1), resultou em menores alterações na atividade microbiana do solo (Fig. 2 e Tabela 5) e no controle do patógeno. Entretanto, nos ensaios anteriores, o lodo de esgoto apresentou resultados promissores na indução de supressividade de solo ao patógeno. Tais diferenças, provavelmente, se devem à menor dose de lodo de esgoto utilizada nos ensaios de campo. Os resultados evidenciam o potencial de uso do lodo de esgoto no controle de *Pythium* spp., especialmente em programas de manejo integrado, associado a outras técnicas, como a solarização.

Referências

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 312p.

BETTIOL, W.; KRÜGNER, T.L. Influência do lodo de esgoto na severidade da podridão de raiz do sorgo causada por *Pythium arrhenomanes*. **Summa Phytopathologica**, v.10, p.243-251, 1984.

BETTIOL, W.; GHINI, R.; GALVÃO, J.A.H. Solarização do solo para o controle de *Pythium* e plantas daninhas em culturas de crisântemo. **Scientia Agricola**, v.51, n.3, p.459-462, 1994.

BOEHM, M.J.; HOITINK, H.A.J. Suistenance of microbial activity in potting mixes and its impact on severity of *Pythium* root rot of *Poinsettia*. **Phytopathology**, v.82, n.3, p.259-264, 1992.

CETESB. **Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas – Critérios para projeto e operação**: Manual Técnico, norma P 4230, agosto, 1999. São Paulo: CETESB, 1999. 32p.

DAFT, G.C.; POOLE, H.A.; HOITINK, H.A.J. Composted hardwood bark: a substitute for steam sterilization and fungicide drenches for control of poinsettia crown and root rot. **HortScience**, v.14, n.2, p.185-187, 1979.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

GAMLIEL, A.; STAPLETON, J.J. Characterization of antifungal volatile compounds evolved from solarized soil amended with cabbage residues. **Phytopathology**, v.83, n.9, p.899-905, 1993.

GHINI, R. **Desinfestação do solo com o uso de energia solar**: solarização e coletor solar. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1997. 29p. (Embrapa-CNPMA.Circular Técnica, 1).

GHINI, R.; PARAIBA, L.C.; LIMA, M. W. P. Determinação de período para solarização do solo na região de Campinas/SP. **Summa Phytopathologica**, v.20, n.2, p.131-133, 1994.

GHINI, R.; MENDES, M.D.L.; BETTIOL, W. Método de hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) como indicador de atividade microbiana no solo e supressividade a *Rhizoctonia solani*. **Summa Phytopathologica**, v.24, n.3-4, p.239-242, 1998.

GRINSTEIN, A.; KRITZMAN, G.; HETZRONI, A.; GAMLIEL, A.; MOR, M.; KATAN, J. The border effect of soil solarization. **Crop Protection**. v.14, n.4, p.315-320, 1995.

GRISI, B.M. Método químico de medição da respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. **Ciência e Cultura**, v.30, n.1, p.82-88, 1978.

GRÜNWALD, N.J.; HU, S.; van BRUGGEN, A.H.C. Short-term cover crop decomposition in organic and conventional soils: characterization of soil C, N, microbial and plant pathogen dynamics. **European Journal of Plant Pathology**, v.106, p.37-50, 2000.

Lodo de Esgoto Associado à Solarização do Solo para o Controle de *Pythium* spp.

HINE, R.B.; LUNA, L.V. Technique for isolating *Pythium aphanidermatum* from soil. **Phytopathology**, v.53, p.727-728, 1963.

HOITINK, H.A.J.; FAHY, P.C. Basis for the control of soilborn plant pathogens with composts. **Annual Review of Phytopathology**, v.24, p.93-114, 1986.

HOITINK, H.A.J.; BOEHM, M.J. Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate-dependent phenomenon. **Annual Review of Phytopathology**, v.37, p.427-446, 1999.

JARVIS, W.R. **Managing diseases in greenhouse crops**. 2.ed. St. Paul: APS Press, 1992. 288p.

KATAN, J.; DEVAY, J.E. **Soil solarization**. Boca Raton: CRC Press, 1991. 267p.

KATAN, J.; GREENBERGER, A.; ALON, H.; GRINSTEIN, A. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil-borne pathogens. **Phytopathology**, v.66, p.683-688, 1976.

KIMATI, H.; GIMENES FERNANDES, N.; SOAVE, J.; KUROZAWA, C.; BRIGNANI NETO, F.; BETTIOL, W. **Guia de fungicidas agrícolas**. 2.ed. Jaboticabal: Grupo Paulista de Fitopatologia, 1997. 225p.

KIRKEGAARD, J.A.; SARWAR, M.; MATTHIESSEN, J.N. Assessing the biofumigation potential of crucifers. **Acta Horticulturae**, v.459, p.105-111, 1998.

KUTER, G.A.; HOITINK, H.A.J.; CHEN, W. Effects of municipal sludge compost curing time on suppression of *Pythium* and *Rhizoctonia* diseases of ornamental plants. **Plant Disease**, v.72, p.751-756, 1988.

LEWIS, J.A.; LUMSDEN, R.D.; MILLNER, P.D.; KEINATH, A.P. Supression of damping-off of peas and cotton in the field with composted sewage sludge. **Crop Protection**, v.11, n.6, p.260-266, 1992.

LOURD, M.; ALVEZ, M.L.B.; BOUHOUT, D. Análise qualitativa e quantitativa de espécies de *Pythium* patogênicas dos solos no município de Manaus. **Fitopatologia Brasileira**, v.11, p.479-485, 1986.

MARTIN, F.N.; HANCOCK, J.G. Association of chemical and biological factors in soils suppressive to *Pythium ultimum*. **Phytopathology**, v.79, n.11, p.1221-1231, 1986.

MILLNER, P.D.; LUMSDEN, R.D.; LEWIS, J.A. Controlling plant disease with sludge compost. **BioCycle**, v.23, n.4, p.50-52, 1982.

NELSON, E.B.; KUTER, G.A.; HOITINK, H.A.J. Effects of fungal antagonists and compost age on suppression of *Rhizoctonia* damping-off in container media amended with composted hardwood bark. **Phytopathology**, v.73, p.1457-1462, 1983.

PATRICIO, F.R.A. **Solarização do solo em ambiente protegido e sua integração com controle biológico ou químico na viabilidade de *Pythium aphanidermatum* e *Rhizoctonia solani***. 2000. 89p. Tese (Doutorado em Fitopatologia)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PULLMAN, G.S.; DEVAY, J.E.; GARBER, R.H. Soil solarization and thermal death: a logarithmic relationship between time and temperature for four soilborne plant pathogens. **Phytopathology**, v.71, n.9, p.959-964, 1981.

REIS, E.M. Solos supressivos e seu aproveitamento no controle de doenças de plantas. In: BETTIOL, W. **Controle biológico de doenças de plantas**. Jaguariúna: Embrapa-CNPDA, 1991. cap.11, p.181-193.

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; CALVET, C. Capacidad del suelo para controlar enfermedades de origen edafico. **Fitopatologia Brasileira**, v.19, n.2, p.129-138, 1994.

SCHUELER, C.; BIALA, J.; VOGTMANN, H. Antiphytopathogenic properties of biogenic waste compost. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.27, p.477-482, 1989.

STAPLETON, J.J.; DEVAY, J.E. Soil solarization: a natural mechanism of integrated pest management. In: REUVENI, R. (Ed.). **Novel approaches to integrated pest management**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1995. p.309-322.

TUITERT, G.; SZCZECH, M.; BOLLEN, G.J. Suppression of *Rhizoctonia solani* in potting mixtures amended with compost made from organic household waste. **Phytopathology**, v.88, n.8, p.764-773, 1998.

WALKER, J.C.; MORELL, S.; FOSTER, H.H. Toxicity of mustard oils and related sulfur compounds to certain fungi. **American Journal of Botany**, v.24, p.536-541, 1937.