

EFEITO DE LODO DE ESGOTO EM DOENÇAS DE PLANTAS

Wagner Bettiol* & Idalmir dos Santos

Embrapa Meio Ambiente, CP 69; 13820-000 Jaguariúna, SP. E-mail: bettiol@cnpma.embrapa.br (*Bolsista do CNPq)

Introdução

Na maioria das cidades brasileiras, o esgoto produzido é lançado diretamente nos cursos d'água. Para reduzir a poluição dos rios, há necessidade de se realizar a coleta e o tratamento do esgoto, processo no qual é gerado o lodo de esgoto, havendo necessidade de uma adequada disposição final desse resíduo. Segundo Bettiol & Camargo (4), a disposição final adequada do lodo é uma etapa problemática, pois seu planejamento tem sido negligenciado e apresenta um custo que pode alcançar até 50% do orçamento operacional de um sistema de tratamento.

As alternativas para a disposição final do lodo de esgoto são: aterro sanitário; reuso industrial (produção de cimento e de agregado leve, fabricação de tijolos e cerâmica); incineração; conversão em óleo combustível; recuperação de áreas degradadas e de mineração; "landfarming" e uso agrícola e florestal. Entre as alternativas para fins agrícola e florestal é a que apresenta a maior viabilidade econômica, pois o lodo é rico em matéria orgânica e em macro e micronutrientes para as plantas, podendo ser utilizado como condicionador de solo e ou fertilizante. Entretanto, o lodo apresenta em sua composição diversos poluentes como: metais pesados, compostos orgânicos persistentes e organismos patogênicos ao homem; atributos que devem ser olhados com muito cuidado para a sua aplicação em solos agrícolas.

A prática de uso do solo como meio de disposição do lodo tem sido freqüente em muitos países, sendo que na Noruega, França, Suíça, USA e Itália, aproximadamente 58, 58, 45, 41 e 33% do lodo gerado é aplicado em solo agrícola. No Brasil, não é difundida a experiência de incorporar lodo de esgoto aos so-

los, porque ainda são poucas as cidades dotadas de estações de tratamento de esgotos (ETEs). Apesar dessa situação, diversos municípios brasileiros estão coletando e tratando adequadamente os esgotos e, por conseguinte gerando lodo. Algumas cidades como: Araraquara, Araras, Araçatuba, Campinas, Caraguatatuba, Franca, Itu, Jaú, Jundiá, Limeira, Matão, Monguaguá, Piracicaba, Presidente Prudente, Ribeirão Preto, São José dos Campos, Ubatuba e a Grande São Paulo, SP; Curitiba e Londrina, PR; Belo Horizonte e Uberlândia, MG; Brasília, DF; Recife, PE; Goiânia, GO; Vitória e Cachoeiro do Itapemirim, ES, Rio de Janeiro, RJ e Campo Grande, MS, entre outras estão tratando os esgotos e gerando lodo. Diversos desses municípios vêm trabalhando para dispor o lodo gerado na agricultura.

CARACTERÍSTICAS DO LODO DE ESGOTO

O lodo de esgoto apresenta uma composição muito variável, pois depende da origem do esgoto, bem como do processo de tratamento e do seu caráter sazonal. Entretanto, pode-se afirmar que além de matéria orgânica, praticamente todos os macro e micronutrientes, diversos metais pesados e compostos orgânicos persistentes fazem parte de sua composição. Na Tabela 1 pode-se observar as variações da composição de lodos de esgoto gerados em Estações de Tratamento de Esgoto (2).

BENEFÍCIOS DO USO AGRÍCOLA DO LODO DE ESGOTO

A utilização do lodo em solos agrícolas tem como principais benefícios, a incorporação de matéria orgânica, dos macronutrientes - nitrogênio e fósforo-, e dos micronutrientes -

Tabela 1. Características químicas de três lotes dos lodos de esgotos das Estações de Tratamento de Esgoto de Franca (LF) e de Barueri (LB), localizadas no estado de São Paulo.

Atributo ⁽¹⁾	Unidade ⁽²⁾	Primeiro lote (03/99)		Segundo lote(12/99)		Terceiro lote (09/00)	
		LB	LF	LB	LF	LB	LF
Fósforo	g/kg	15,9	16,0	31,2	21,3	26,9	12,9
Potássio	g/kg	1,0	1,0	1,97	0,99	1,0	1,0
Sódio	g/kg	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,9
Arsênio	mg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cádmio	mg/kg	12,8	3,32	9,5	2,0	9,4	2,05
Chumbo	mg/kg	364,4	199,6	233	118	348,9	140,5
Cobre	mg/kg	1058	239,8	1046	359	953,0	240,9
Cromo total	mg/kg	823,8	633,8	1071	1325	1297,2	1230,3
Mercurio	mg/kg	<0,01	<0,01	<1	<1	<0,01	<0,01
Molibdênio	mg/kg	<0,01	<0,01	<1	<1	<0,01	<0,01
Níquel	mg/kg	518,4	54,7	483	74	605,8	72,4
Selênio	mg/kg	<0,01	<0,01	<1	<1	<0,01	<1
Zinco	mg/kg	2821	1230	3335	1590	3372	1198
Boro	mg/kg	36,2	40,7	11,2	7,1	29,3	19,7
Carbono orgânico	g/kg	248,2	305,1	271	374	292,9	382,4
pH	6,6	6,3	6,4	6,4	6,4	5,4	
Umidade	%	66,4	83	80,2	82,4	71,2	82,7
Sólidos Voláteis	%	43,0	60,5			56,8	72,5
Nitrogênio total ⁽³⁾	g/kg	21	56,4	49,7	67,5	42,1	68,2
Enxofre	g/kg	13,4	16,3	10,8	13,3	17,1	15,7
Manganês	mg/kg	429,5	349,3	335	267	418,9	232,5
Ferro	mg/kg	54.181	33.793	32,5	31,7	37.990	24.176
Magnésio	g/kg	3,0	2,2	3,7	2,5	4,5	2,2
Alumínio	mg/kg	28.781	32.564	25,3	33,5	23.283	23.317
Cálcio	g/kg	40,3	29,2	22,8	16,8	47,8	24,8

⁽¹⁾Determinados de acordo EPA SW-846-3051 (1986), no IAC, ⁽²⁾ Os valores de concentração são dados com base na matéria seca. ⁽³⁾ Os valores de concentração para o nitrogênio total e umidade foram determinados em amostras em condições originais, na Embrapa Meio Ambiente. Bettiol (2).

zinco, cobre, ferro, manganês e molibdênio. No entanto, é preciso conhecimento de sua composição para se calcular as quantidades adequadas a serem incorporadas, sem correr o risco de toxicidade às plantas, aos animais e ao homem, como também não poluir o ambiente. Além disso, há necessidade de se considerar que o lodo de esgoto não possui uma fórmula balanceada de nutrientes e cuidados adicionais precisam ser tomados para não causar desequilíbrio nutricional e conseqüentemente beneficiar a ocorrência de doenças, como por exemplo, com a deficiência de potássio.

CONSIDERAÇÕES SOBRE OS POLUENTES DO LODO DE ESGOTO

Apesar das vantagens, o lodo de esgoto apresenta em sua composição elementos tóxicos (metais pesados e compostos orgânicos persistentes) e organismos patogênicos ao homem. Dessa forma, há necessidade de se conhecerem os efeitos desses poluentes no solo, na água, nos organismos e na planta. Muitas questões ainda não foram respondidas pela pesquisa científica e esse é um fator ponderável a ser levado em consideração relativo ao seu uso na agricultura. Assim, a sua incorporação nos solos agrícolas deve ser adequadamente planejada e monitorada. Por isso, em todos os países onde o lodo de esgoto é aplicado na agricultura, existem normas estabelecendo, entre outras, as concentrações máximas permitidas de metais pesados no lodo e o teor máximo acumulado no solo.

No Brasil, o estado de São Paulo, por meio da Norma P4230, da CETESB, estabelece critérios e limites de poluentes no lodo e no solo para liberar a sua aplicação. Por exemplo, de acordo com essa norma o lodo da ETE Barueri (Tabela 1) não poderia ser disposto na agricultura, pois os limites de Ni estão acima do permitido, já o lodo da ETE Franca cumpre os critérios da norma. Além de São Paulo, o estado do Paraná, por meio do Instituto Ambiental do Paraná (IAP), estabelece critérios para a disposição agrícola do lodo de esgoto. Entretanto, a partir do final de 2003, o CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) vem discutindo a regulamentação ao nível nacional da disposição do lodo de esgoto na agricultura e acredita-se que uma norma entrará em vigor em fins de 2005 ou início de 2006. O MAPA regulamenta o uso do lodo como fertilizante, proibindo, por exemplo, o seu uso em hortaliças.

O nitrogênio deve ser tratado de forma especial. Assim, a quantidade de lodo aplicada deve ser tal que a quantidade de nitrato ou amônio presente não exceda àquela que a planta vai consumir, pois o excesso ficaria em forma lixiviável que poderia alcançar e contaminar corpos de água subterrâneos.

Os lodos de esgoto contêm patógenos humanos como coliformes fecais, salmonela, vírus e helmintos, que são passíveis de serem reduzidos com tratamentos adequados. Entretanto, é importante o monitoramento da população desses organismos, tanto no lodo, como no solo. No caso do estado do Paraná, a norma do IAP estabelece limites para ovos de helmintos (<1/g) que são mais resistentes e de grande impor-

tância para a saúde pública brasileira. Esse procedimento é premente para as condições nacionais, pois a nossa população apresenta sérios problemas com relação a esses patógenos.

Outro grupo de contaminantes que merece atenção é o dos compostos orgânicos persistentes. Entretanto, não existem estudos com esses contaminantes no Brasil, existindo apenas uma análise apresentada por Tsutiya (28).

DOENÇAS: ASPECTOS GERAIS

Os estudos sobre os efeitos nutricionais do lodo de esgoto estão adiantados e bem documentados na literatura. No entanto, em relação aos impactos ambientais, e mais especificamente sobre as doenças de plantas, existe ainda uma carência de trabalhos e de resultados que gerem um conhecimento mais aprofundado sobre o tema. Por ser rico em matéria orgânica, o lodo de esgoto poderá colaborar no controle de doenças de plantas, principalmente as causadas por patógenos veiculados pelo solo, que ocasionam tombamento e lesões de raízes e colo de plantas. Esse controle poderá ocorrer, principalmente, pela capacidade do lodo ativar a microbiota do solo. Entretanto, há necessidade de se verificar se o lodo é realmente efetivo sobre os fitopatógenos, nas condições de solo e clima do Brasil, haja vista que existem informações na literatura de controle efetivo e de aumento de doenças (2, 7, 8, 10, 11, 12, 17, 18, 23, 24, 29).

EFEITO DO LODO DE ESGOTO EM DOENÇAS CAUSADAS POR FUNGOS HABITANTES DO SOLO

As primeiras citações envolvendo lodo de esgoto para o controle de fitopatógenos surgiram por volta da década de 1950 por Davis & Engel (1951), Watson (1956) e Wells (1957) citados por Cook et al. (9). Davis & Engel (1951) observaram redução de mancha marrom em *Agrostis* quando adubado com lodo ativado. Wells (1957) reportou que azevém adubada com altas taxas de lodo ativado mostraram menores danos de *Pythium* do que quando adubada por outras fontes de nitrogênio. Outro trabalho pioneiro foi o de Markland et al. (1969), citados por Liu (20), os quais verificaram que com aplicação de materiais compostados, entre eles lodo de esgoto, ocorreu redução da doença causada por *Sclerotinia homeocarpa* em *Agrostis palustris*.

A utilização do lodo em gramados parece ser uma boa alternativa com duplo propósito, fertilização e controle de doença. O'Neill (1982), citado por Nelson & Craft (25), observou que lodo de esgoto compostado foi supressivo a mancha marrom em capim-do-prado. Nelson & Craft (25) indicaram que aplicação de compostos de mistura de esterco de aves e de bovinos e de lodo de esgoto foi consistentemente supressiva à "dollar spot" em gramados de campo de golfe. Resultados positivos também foram conseguidos no controle de doenças em *Agrostis palustris* causadas por *Pythium graminicola* (10), sendo que a supressão das doenças teve uma forte relação com a alta atividade microbiana induzida pelo composto.

Lumsden et al. (21) observaram uma redução significativa do mofo branco da alface causada por *Sclerotinia minor*. Em trabalho posterior, a incidência da mesma doença em alface foi reduzida significativamente por um período de quatro anos, sendo que o lodo de esgoto compostado foi adicionado ao solo nos dois primeiros anos com efeito residual por mais dois anos de estudo (22). Nos dois trabalhos a sobrevivência do

patógeno não foi afetada pelo composto e sim sua atividade.

Sucesso no controle do gênero *Sclerotinia* também foi alcançado por Millner et al. (24) quando utilizaram lodo de esgoto, conseguindo reduzir o mofo branco em alface por três estações de cultivo. No mesmo trabalho, em casa de vegetação, o lodo misturado a 10% no solo foi capaz de reduzir a podridão de raiz e o tombamento de feijão, de algodão e de rabanete, causados por *Rhizoctonia solani*; a podridão de raiz em ervilha, causada por *Aphanomyces euteiches*; a podridão de raiz de pimenta, causada por *Phytophthora capsici*; e aumentar as doenças de ervilha, feijão e algodão causadas por *Pythium ultimum* e *Thielaviopsis basicola*; e não teve efeito sobre as doenças de ervilha e feijão causadas por *Fusarium solani* e *Pythium aphanidermatum*. Em condições de campo, somente após o segundo cultivo, o controle pelo composto de lodo de esgoto foi efetivo para o tombamento causado por *Pythium* e *Rhizoctonia* em ervilha, porém as mesmas doenças não foram controladas na cultura do algodão.

De acordo com os resultados obtidos nos trabalhos, pode-se afirmar que o efeito do lodo de esgoto é dependente da cultura, do patógeno em questão e do ambiente local. Este fato é ratificado pelo trabalho em que a adição de lodo de esgoto no solo causou um aumento na incidência da podridão do colo da macieira causada por *Phytophthora cactorum* (29). O autor concluiu que a porcentagem de plantas de maçã com podridão do colo foi positivamente correlacionada com a quantidade de nitrogênio aplicada e não foi relacionada com a sua origem orgânica ou inorgânica. Kim et al. (17) realizaram testes em três campos para avaliar vários compostos orgânicos no controle das podridões da raiz e do colo causadas por *Phytophthora capsici*, em pimenta e verificaram que o lodo, juntamente com cascas de madeira, não foi capaz de reduzir a população do patógeno, nem os sintomas da doença.

McIlveen & Cole (23) investigaram a influência de lodo de esgoto em taxas de 11, 22 e 44 t ha⁻¹ e esterco de bovino a 11 t ha⁻¹ na microbiota do solo de um campo de milho e na incidência de doenças. A incidência da podridão de *Gibberela* na espiga foi diretamente correlacionada com o aumento da aplicação de lodo. Houve também uma tendência no aumento da severidade da podridão da espiga nos tratamentos com lodo e esterco. Uma possível explicação para esses resultados foi a prolongada umidade nos cabelos da espiga do milho, proporcionada pelo maior desenvolvimento foliar da planta e o efeito da quantidade de N contido no lodo e no esterco. No mesmo trabalho, a incidência de acamamento foi reduzida com o aumento na quantidade de lodo aplicada.

Um fator dependente para o sucesso do controle de algumas doenças, particularmente induzidas por *Pythium* e *Rhizoctonia*, é o tempo transcorrido entre a incorporação do lodo de esgoto no solo e o plantio da cultura. Em experimento a campo, somente após o segundo cultivo o controle pelo composto foi efetivo para o tombamento causado por *Pythium* e *Rhizoctonia* em ervilha (24). Compostos preparados com lodo de esgoto foram inicialmente conducentes ao tombamento do pepino causado por *Pythium* e *Rhizoctonia*; e tornaram-se supressivos às doenças após um período de incubação, sendo maior para *Rhizoctonia* (KUTER et al., 1988). Em experimentos de laboratório, a supressividade ao tombamento em *Agrostis palustris*, causadas por *Pythium graminicola*, somente foi alcançada com o composto de lodo de esgoto mais envelheci-

do (10). O maior tempo entre a adição do composto de lodo no solo e o plantio aumentou a supressão das doenças causadas por *Pythium* e *Rhizoctonia* (21). Esses autores, testando o lodo em casa de vegetação contra podridão de raiz em ervilha (*Aphanomyces*); podridão da raiz do algodão, feijão e rabanete (*Rhizoctonia*); podridão da alface (*Sclerotinia*); murcha de fusarium em pepino, e podridão do colo em pimenta (*Phytophthora*) verificaram redução nestas doenças por meio da adição de 10% do composto solo. No entanto, tombamento em ervilha e feijão (*Pythium*); podridão da raiz de ervilha (*Fusarium*); e podridão da raiz de feijão e algodão (*Thielaviopsis*) não foram afetadas pelo composto.

Lewis et al. (19), em parcelas a campo onde foi aplicado composto de lodo de esgoto nas concentrações de 7 a 10 t ha⁻¹, verificaram redução da incidência de tombamento em ervilhas causado por *R. solani* e *P. ultimum*. Isso ocorreu nos plantios de primavera, por dois anos, e nos plantios de outono, nos dois anos seguintes. Nos meses de verão, o estande de algodão foi melhorado em três dos quatro anos pelo composto. O efeito benéfico do composto no estande de ervilha e algodão pode ser atribuído à indução de supressão nos solos pelo composto.

Efeito positivo do lodo de esgoto no controle de tombamento induzido por *P. ultimum* também foi conseguido em ensaio com plântulas de pepino (8). Substrato para produção de mudas, tratado com amostras de casca de madeira ou lodo de esgoto compostados, removidos da superfície de pilhas do composto, portanto com baixa temperatura, com quatro meses ou mais, foi supressivo ao tombamento causado por *Pythium*. Esses mesmos materiais, com amostras retiradas do centro das mesmas pilhas com alta temperatura (>60°C) foram conducentes à doença. A supressividade foi por componentes biológicos, pois foi eliminada com o calor (60°C/5dias) e a incorporação de pequenos volumes (10% v/v) de composto supressivo, no substrato conducente, restaurou essa característica. No meio supressivo a população de *P. ultimum* foi controlada.

No trabalho de Kuter et al. (18), substratos preparados com compostos de lodo de esgoto, inicialmente foram conducentes ao tombamento causado por *Pythium* e *Rhizoctonia*, em pepino e rabanete, respectivamente. Após serem curtidos por quatro meses, quando temperaturas no centro das pilhas dos compostos foram < 60 °C, consistentemente suprimiram o tombamento por *Pythium*, mas não o de *Rhizoctonia*. Em adição, o armazenamento por um período de quatro semanas do substrato à base de composto de lodo, com quatro meses de curtimento, induziu a supressividade a ambas as doenças. Os autores também demonstraram que os níveis de supressividade, induzidos com a incorporação de 25% (v/v) de composto de lodo no substrato, foram adequados para evitar perdas nas plantas causadas por *R. solani* ou *Pythium* spp. em casa de vegetação e viveiros acima de cinco meses e dois anos, respectivamente, para plantas ornamentais. O trabalho mostrou que a microbiota presente durante a compostagem e o processo de curtimento para o lodo estão envolvidos na supressão do tombamento causado por *Pythium* e *Rhizoctonia*. *P. ultimum* em pepino, beterraba e impatiens foi controlado por um substrato produzido com composto de lodo de esgoto e casca de árvores. O mesmo substrato reduziu os danos de *Fusarium oxysporum* em basílico e de *R. solani* em basílico e feijão. O fungo *Trichoderma*, isolado do composto, reduziu os danos causados por *Pythium ultimum* em pepino (12).

Dissanayaque & Hoy (11), trabalhando com *Pythium aphanidermatum* em cana-de-açúcar, verificaram que alguns compostos orgânicos, entre eles o lodo de esgoto, quando adicionados no solo (10% v/v) na forma não esterilizada, suprimiram a doença e aumentaram o crescimento da planta, porém essa habilidade foi reduzida após a desinfestação dos compostos por vapor. O nível da atividade microbiana do material foi um indicador do potencial para a supressão da doença. Análises de correlação indicaram que a severidade da podridão de raiz foi negativamente correlacionada com a atividade microbiana. O solo, onde o lodo de esgoto foi misturado, teve a maior atividade microbiana, maior quantidade de total de bactérias e a segunda maior comunidade de actinomicetos. A comunidade microbiana associada com lodo de esgoto e outros materiais orgânicos foi capaz de suprimir ou reduzir a doença e ainda aumentar o crescimento das plantas.

No Brasil, foram realizados poucos trabalhos avaliando a influência do lodo de esgoto para o controle de doenças de plantas. Um deles foi realizado por Bettiol & Krüger (3). Nesse trabalho, o lodo de esgoto, incorporado ao solo, nas concentrações de 5, 10 e 15 (v/v) reduziu a severidade da podridão de raiz em plantas de sorgo, cultivadas em vasos contendo solo previamente infestado com *Pythium arrhenomanes*, especialmente nas maiores concentrações.

EFEITO DO LODO DE ESGOTO SOBRE NEMATÓIDES

Castagnone-Sereno et al. (6) testaram os efeitos de lodo de esgoto cru, de origem urbana, no parasitismo de *Meloidogyne incognita* em plantas de tomate. O principal efeito foi uma forte redução no número de massas de ovos encontrados nas raízes e uma ligeira redução do número de ovos por massa de ovos. Em outro experimento, o lodo de esgoto também induziu efeito contra infecção do tomate por *M. incognita* (6). Houve menor penetração de larvas juvenis nas raízes das plantas cultivadas no solo com lodo adicionado, do que na testemunha. Em ambos os experimentos, as raízes foram severamente atacadas, apesar de uma significativa redução na taxa de galhas nas plantas cultivadas em solo com lodo de esgoto, em comparação às do solo testemunha. A produção de ovos no solo tratado foi menor do que nas testemunhas. Nos solos tratados, valores do número de ovos final/número de ovos inoculados foram fortemente reduzidos.

EFEITO DO LODO DE ESGOTO EM DOENÇAS CAUSADAS POR BACTÉRIAS

Prior & Béramis (26) verificaram que em solo infestado com *Pseudomonas solanacearum* a mortalidade de tomateiro devido à murcha bacteriana aumentou regularmente (14, 24 e 43%), em três cultivos sucessivos. Quando o solo foi melhorado com as matérias orgânicas, em particular, com lodo de esgoto, nenhuma planta morreu no segundo e terceiro plantio. Esses resultados não se confirmaram no trabalho de Chellemi et al. (7), onde o lodo de esgoto compostado com cascas de madeira, não reduziu a incidência da murcha bacteriana do tomateiro em solos onde naturalmente estava presente o patógeno.

Observações a campo têm indicado uma redução marcante de galha da coroa causada por *Agrobacterium tumefaciens* em plantas de framboesa cultivadas em solo com alta aplicação de lodo de esgoto [Moore et al., 1983, citados por Utkhede & Smith

(30)]. Em contraste com esses resultados, quando o lodo de esgoto foi aplicado na dose de 130 g por planta de macieira, não controlou a galha da coroa nos testes a campo (30). Somente na dose de 260 g de lodo de esgoto aplicado por pé de macieira, ocorreu redução da infecção por galha da coroa, porém foi tóxico para as plantas jovens.

MECANISMOS ENVOLVIDOS NO CONTROLE DAS DOENÇAS

O modo pelo qual o lodo de esgoto reduz a severidade das doenças, conforme relatado na maioria dos trabalhos, parece estar relacionado principalmente com o aumento da atividade microbiana no solo e à própria microbiota contida no material orgânico (8, 10, 11, 12, 18 e 22). A atividade microbiana do solo é aumentada durante a decomposição da matéria orgânica sendo que essa atividade se traduz em ação antagonônica entre os microrganismos sendo elas antibiose, competição e parasitismo (24). Hoitink et al. (16) acrescentam, ainda, a predação e a indução de resistência como modos de ação estimulados por compostos em geral. Por outro lado, a supressão da mancha marrom, em capim-do-prado, com lodo de esgoto compostado, persistiu mesmo quando o produto foi esterilizado por autoclavagem, sugerindo o não envolvimento de um componente microbiano na supressão da doença [O'Neill, 1982, citado por Nelson & Craft (25)].

A quantidade e a forma dos nutrientes contidos no lodo de esgoto podem interferir no efeito deste sobre as doenças de plantas. A principal razão para a menor infecção do tomate por *M. incognita* nas parcelas tratadas com lodo de esgoto e conseqüentes efeitos tóxicos observados no parasita podem estar relacionados com o nitrogênio amoniacal liberado no solo durante os sete dias após o tratamento (6).

A mudança do pH em solos incorporados com lodo de esgoto também pode ser responsável pela supressividade para algumas doenças. Fortes et al. (13), trabalhando com lodo de esgoto caledo (pH=11), verificaram que a elevação do pH induzida pelo lodo foi responsável pela neutralização do crescimento do fungo *Rhizoctonia solani* em placas de petri. Por outro lado, Bettiol (2) trabalhando com lodo não caledo verificou correlação entre a acidificação do solo e aumento da incidência de *Fusarium* em milho. Outro aspecto que deve ser considerado é o nutricional, tanto pelo suprimento, quanto pelo desequilíbrio.

PRESENÇA DE FITOPATÓGENOS NO LODO DE ESGOTO

Um cuidado que deve haver com a utilização do lodo na agricultura é quanto a possível presença de fitopatógenos. Por outro lado, nesse mesmo material é normal a presença de microrganismos antagonistas aos fitopatógenos. Numerosos microrganismos estão presentes no lodo de esgoto ou no solo corrigido com lodo. Vários fungos isolados de lodo são reconhecidamente patogênicos às plantas, tais como: *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *F. moniliforme*, *Alternaria alternata*, *Fusarium* sp., *Verticillium*, *Cephalosporium*, *Aspergillus* e *Penicillium* (1, 14). Para solucionar o problema de microrganismos indesejáveis no lodo, a compostagem tem sido apontada como alternativa (15).

ESTUDOS DESENVOLVIDOS NA EMBRAPA MEIO AMBIENTE SOBRE O EFEITO DO LODO DE ESGOTO EM DOENÇAS DE PLANTAS

Caso 1. Bettiol, W. Effect of sewage sludge on the incidence of corn stalk rot caused by *Fusarium*. Summa Phytopathologica. v. 30, n.1, p.16-22. 2004.

Num ensaio casualizado em blocos, com três repetições, em parcelas de 200 m², em um latossolo vermelho distroférrico textura argilosa, foi estudado o efeito da incorporação dos lodos de esgotos originários das ETEs de Franca e de Barueri, SP, sobre a incidência da podridão do colmo do milho causada por *Fusarium*. Os lodos foram incorporados ao solo nas concentrações de 0, 1, 2, 4 e 8 vezes a dose recomendada com base no teor de nitrogênio, em três cultivos sucessivos de milho: safrinha 1999 ('CATIAL 30') e safras de 1999/2000 ('AG1043') e 2000/2001 ('Savana 133S'). As doses de lodo foram comparadas com a adubação mineral recomendada para a cultura do milho. Na safrinha de 1999 não ocorreu a doença. Para as safras 1999/2000 e 2000/2001, as análises de regressão mostraram que a porcentagem de plantas doentes foi positivamente correlacionada com a concentração dos lodos incorporados ao solo. Os coeficientes de determinação para o segundo cultivo do milho foram de R²=0,90 e R²=0,84, enquanto que para o terceiro cultivo foram de R²=0,77 e R²=0,45, para os lodos de Franca e de Barueri, respectivamente. As concentrações de lodos também apresentaram correlação positiva com a população de *Fusarium* do solo e com a condutividade elétrica (CE), por outro lado foram negativamente correlacionadas com o pH. As correlações entre a porcentagem de plantas doentes e os atributos químicos do solo foram significativas e positivas, para os dois lodos ao nível de 5%, para o teor de fósforo, a CTC, N_{total}, N_{nitrito} e CE; por outro lado, foi negativamente correlacionado com o pH. Para o segundo cultivo, a porcentagem de plantas doentes apresentou correlação positiva com todos os micronutrientes (Fe, B, Cu e Zn), exceto para o Mn. Os resultados evidenciam que para a utilização segura do lodo de esgoto na agricultura, há necessidade de estudos interdisciplinares a longo prazo e nas condições ecológicas de cultivo.

Caso 2. Santos, I.; Bettiol, W. Effect of sewage sludge on the rot and seedling damping-off of bean plants caused by *Sclerotium rolfsii*. Crop Protection v.22, p.1093-1097, 2003.

Para a cultura do feijoeiro, em condições de campo, num solo Latossolo Vermelho Distroférrico (textura argilosa), previamente infestado com 100g de arroz em casca contendo patógeno, foi estudado o efeito do lodo de esgoto nas concentrações de 12,4 Mg ha⁻¹; 24,8 Mg ha⁻¹; 37,2 Mg ha⁻¹ e 49,6 Mg ha⁻¹ sobre a severidade das doenças causadas por *Sclerotium rolfsii*; a emergência, o estande e o peso de matéria seca de plantas; e sobre a condutividade elétrica, pH e a atividade microbiana do solo. O lodo de esgoto reduziu a severidade das doenças causadas por *S. rolfsii* e aumentou a emergência e o estande final do feijoeiro em três cultivos de feijoeiro. A atividade microbiana, medida por meio da hidrólise de diacetato de fluoresceína e de desprendimento de CO₂, foi diretamente proporcional à concentração de lodo de esgoto, o mesmo ocorrendo para a condutividade elétrica. Para todos os cultivos a emergência e o estande final de plantas foram positivamente correlacionados com a atividade microbiana do solo e com a condutividade elétrica do solo. As concentrações de lodo estudadas não influenciaram na sobrevivência dos escleródios ao longo de 120 dias. Em relação ao desenvolvimento das plantas, devido às altas concentrações de lodo, foi observada fitotoxicidade em condições controladas. Entretanto, em con-

dições de campo e com doses até quatro vezes a recomendada para a cultura (49,6 Mg ha⁻¹) não foram verificados problemas no desenvolvimento das plantas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abdel-Hafez, A.I.I.; El-Sharouny, H.M.M. The occurrence of keratinophilic fungi in sewage sludge from Egypt. *J. Basic Microbiol.*, v.30, p.73-79, 1990.
2. Bettiol, W. Effect of sewage sludge on the incidence of corn stalk rot caused by *Fusarium*. *Summa Phytopathologica*, v.30, n.1, p.16-22, 2004.
3. Bettiol, W.; Camargo, O.A. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. *Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente*, 2000, 312p.
4. Bettiol, W.; Krugner, 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.
5. Castagnone-Sereno, P.; Kermarrec, A.; Clairon, M.; Anais, A. Effets de pressions d'un apport de boue résiduaire sur le parasitisme de *Meloidogyne incognita*. *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent.*, 53/2b, 1988.
6. Castagnone-Sereno, P.; Kermarrec, A. Invasion of tomato roots and reproduction of *Meloidogyne incognita* as affected by raw sewage sludge. *Journal of Nematology*, v.23, p.734-728, 1991.
7. Chellemi, D.O.; Mitchell, D.J.; Barkdol. Effect of composted organic amendments on the incidence of bacterial wilt of tomato. *Proc. Fla. Tate Hort. Soc.*, v.105, p.364-366, 1992.
8. Chen, W.; Hoitink, H.A.J.; Schmintherner, A.F. Factors affecting suppression of *Pythium* damping-off in container media amended with composts. *Phytopathology*, v.77, p.755-760, 1987.
9. Cook, R.N.; Engel, R.E.; Bachelder, S. A study of the effect of nitrogen carriers on turfgrass disease. *Plant Disease Reporter*, v.48, n.4, p.254-255, 1964
10. Craft, C. M.; Nelson, E. B. Microbial properties of composts that suppress damping-off and root rot of creeping bentgrass caused by *Pythium graminicola*. *Applied and Environmental Microbiology*, v.62, p.1550-1557, 1996.
11. Dissanayake, N.; Hoy, J.W. Organic material soil amendment effects on root rot and sugarcane growth and characterization of the materials. *Plant Disease*, v.83, p.1039-1046, 1999.
12. Ferrara, A.M.; Avataneo, M.; Nappi, P. First experiments of compost suppressiveness to some phytopathogens. *The science of composting: Parte 2*. p.1157-1160, 1996.
13. Fortes, N.L.P.; Fortes Neto, J.C.; Silva, J.C. A indução da supressividade à *Rhizoctonia solani* em solos tratados com diferentes fontes de matéria orgânica. *Summa Phytopathologica*, v.26, n.1, p.140, 2000.
14. Gambale, W.; Pauala, C.R.; Correa, B.; Purchio, A.; MARTINS, M.T. Avaliação da microbiota fúngica em lodo digerido submetido a tratamento químico e térmico. *Rev. Micro. Biol.*, São Paulo, v.18, n.4, p.363-365, 1987.
15. Hoitink, H.A.E.; Fahy, P.C. Basis for the control of soilborne plant pathogens with compost. *Annual Review of Phytopathology*, v.24, p.93-114, 1986.
16. Hoitink, H.A.J.; Zhang, W.; Han, D.Y.; Dick, W.A. Making compost to suppress plant disease. *Biocycle*, v.38, p.40-42, 1997.
17. Kim, K.D.; Nemeček, S.; Musson, G. Effects of compost and soil amendments on soil microflora and *Phytophthora* root and crown rot of bell pepper. *Crop Protection*, v.16, n.2, p.165-172, 1997.
18. Kuter, G.A.; Hoitink, H.A.J.; Chen, W. Effects of municipal sludge compost curing time on suppression of *Pythium* and *Rhizoctonia* of ornamental plants. *Plant Disease*, v.72, p.751-756, 1988.
19. Lewis, J.A.; Lumsden, R.D.; Millner, P.D.; Keinath, A. P. Suppression of damping-off of peas and cotton in the field with composted sewage sludge. *Crop Protection*, v.11, p.260-266, 1992.
20. Liu, L.X.; Hsiang, T.; Carey, K.; Eggens, J.L. Microbia populations and suppression of dollar spot disease in creeping bentgrass with inorganic and organic amendments. *Plant Disease*, v.79, n.2, p.144-147, 1995.
21. Lumsden, R.D.; Millner, P.D.; Lewis, J.A. Suppression of lettuce drop caused by *Sclerotinia minor* with composted sewage sludge. *Plant Disease*, v.70, p.197-201, 1986.
22. Lumsden, R.D.; Lewis, J.A.; Millner, P.D. Effect of composted sewage sludge on several soilborne pathogens and diseases. *Phytopathology*, v.73, p.1543-1548, 1983.
23. McIlveen, W.D.; Cole Jr, H. Influence of sewage sludge soil amendment on various biological components of the corn field ecosystem. *Agriculture and Environment*, v.3, p. 349 - 361, 1977.
24. Millner, P.D.; Lumsden, R.D.; Lewis, J.A. Controlling plant disease with sludge compost. *Biocycle*, v.23, p.50-52, 1982.
25. Nelson, E. B.; Craft, C. M. Suppression of dollar spot on creeping bentgrass and annual bluegrass turf with compost-amended topdressings. *Plant Disease*, v.76, n.9, p.954-958, 1992.
26. Prior, P.; Bérarnis, M. Induction de la résistance au flétrissement bactérien dû à *Pseudomonas solanacearum* E. F. Smith in chez un cultivar de tomate réputé sensible. *Agronomie*, v.10, p.391-401, 1990.
27. Santos, I.; Bettiol, W. Effect of sewage sludge on the rot and seedling damping-off of bean plants caused by *Sclerotium rolfsii*. *Crop Protection*, v.22, p.1093-1097, 2003.
28. Tsutiya, M.T. Características de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos. In: Tsutiya, M.T., Comparini, J.B., Sobrinho, A.P., Hespanhol, I., Carvalho, P.C.T., Melfi, A.J. (Ed.). *Biossólidos na agricultura*. São Paulo: Sabesp, 2001, p.89-131.
29. Utkhede, R.S. Effect of nitrogen fertilizers and wood compost on the incidence of apple crown rot in British Columbia. *Can. J. Plant Pathol.*, v.6, p.324-332, 1984.
30. Utkhede, R.S.; Smith, E.M. Evaluation of biological and chemical treatments for control of crown gall on young apple trees in the Kootenay valley of British Columbia. *Journal Phytopathology*, v.137, p.265-271, 1993.