

Avaliação da matéria orgânica em solo tratado com lodos de esgoto e cultivado com milho safrinha

Rita Carla Boeira; Manoel Dornelas de Souza; José Abrahão H. Galvão; Viviane Cristina Bettanin Maximiliano

Resumo — O descarte de resíduos urbanos em solos, embora tenha diversas limitações químicas e ambientais, pode ser uma prática agrícola viável, desde que se disponha de informações básicas a respeito de sua influência sobre as propriedades do solo em condições tropicais. Os lodos de esgoto compõem-se de 40 a 60% de matéria orgânica. Considerando-se que parte do nitrogênio e do carbono orgânico desse material seja resistente à degradação por determinado tempo, pode-se levantar a hipótese de que suas quantidades no solo aumentarão, tornando-se parte da matéria orgânica. Esta, por sua vez, afeta diversas propriedades do solo, mecânicas, hidrológicas ou térmicas, e é fundamental para a manutenção da produtividade do solo. Neste estudo foram avaliados os estoques de nitrogênio total e de carbono orgânico em Latossolo cultivado com milho safrinha, após incorporação de doses crescentes de dois tipos de lodo de esgoto — um de origem urbana e outro acrescido de despejos industriais.

Palavras-chave — Latossolo, biossólido, carbono orgânico, solo tropical, lodo de esgoto anaeróbio, reciclagem agrícola, acidificação, densidade do solo.

I. INTRODUÇÃO

O uso de lodos de esgoto como insumo agrícola busca a minimização dos impactos ambientais desse material, e simultaneamente a melhoria da qualidade do solo. Grande parte dos compostos constituintes de lodos de esgotos encontram-se em forma orgânica, como compostos carbonados. Assim, se os resíduos não forem fonte de poluentes potenciais como patógenos e substâncias orgânicas e inorgânicas tóxicas, o seu uso pode tornar-se viável, pois a adição de matéria orgânica é um fator de melhoramento do solo. O teor de carbono em solos pode alcançar até 50%, como em turfeiras, mas em solos agrícolas é variável de décimos percentuais a cerca de 5%. Dada a ativa dinâmica da matéria orgânica no solo, mesmo aplicando-se grandes quantidades obtêm-se pequenas variações de carbono orgânico, e quantidades elevadas de lodos de esgoto disponibilizam nitrogênio no solo em quantidades superiores às necessidades de uma cultura, tornando-se fonte potencial de contaminação ambiental com este elemento, por lixiviação, por volatilização ou por desnitrificação. Este último processo pode ser intensificado com aplicações de

Rita Carla Boeira, rboeira@cnpma.embrapa.br, Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340, km 127,5, Bairro Tanquinho Velho, 13.820-000, Jaguariúna/SP, Tel. 19-3867.8756, Fax 19-3867.8740; Manoel Dornelas de Souza, dornelas@cnpma.embrapa.br, Embrapa Meio Ambiente; José Abrahão Haddad Galvão, abrahamo@cnpma.embrapa.br, Embrapa Meio Ambiente; Viviane Cristina Bettanin Maximiliano, viviane@cnpma.embrapa.br, Embrapa Meio Ambiente.

doses elevadas de matéria orgânica ao solo, especialmente em solos tropicais, em épocas chuvosas, em que se tem elevado teor de água no solo associado, em geral, a elevadas temperaturas [1]. Considerando-se que o aumento de matéria orgânica no solo correlaciona-se diretamente, muitas vezes, a ganhos em fertilidade, diversos autores têm avaliado os efeitos de aplicações de elevadas dosagens de lodos de esgoto sobre essa propriedade do solo [2]-[8]. O objetivo deste trabalho foi obter resultados em campo referentes à avaliação dos estoques de carbono e de nitrogênio em Latossolo após cultivo de milho safrinha precedido de aplicação de cinco doses de dois lodos de esgoto, um de origem urbana (Franca, SP) e outro de origem urbano-industrial (Barueri, SP).

II. MATERIAL E MÉTODOS

Os solos foram obtidos em parcelas de experimento em que avaliaram-se cinco doses de dois lodos de esgoto aplicadas ao solo antes da semeadura de milho safrinha. O ensaio foi instalado em área de Latossolo Vermelho distroférrico textura argilosa. Os tratamentos culturais foram os padrões utilizados para milho. Os lodos de esgoto utilizados foram provenientes das estações de tratamento de esgotos sanitários das cidades de Franca (de origem estritamente doméstica) e de Barueri (recebe esgotos domésticos e industriais), ambas situadas no Estado de São Paulo. O sistema de tratamento utilizado nas duas estações foi a digestão anaeróbia dos lodos ativados. A composição química parcial do solo na profundidade de 0 a 20cm foi: pH: 5,8; P: 3,5 mg dm⁻³; K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ e capacidade de troca de cátions: 1,51; 27,5; 8,5; 1,0 e 73,5 mmol_c dm⁻³, respectivamente, determinada segundo métodos descritos por [9]. A densidade inicial média do solo da área experimental foi 1,27 kg dm⁻³. A composição parcial dos lodos de Franca e de Barueri foi determinada segundo [10] e é mostrada na Tabela I; N-(NO₃⁻+NO₂⁻), N-NH₄⁺ e N Kjeldahl (N orgânico + N-NH₄⁺) foram determinados por destilação a vapor e carbono orgânico pelo método Walkley-Black (com calor externo). Os tratamentos constituíram-se na incorporação ao solo dos dois tipos de lodos úmidos aplicados em cinco doses: zero de nitrogênio (tratamento testemunha), 1N, 2N, 4N e 8N e adubação mineral recomendada para a cultura segundo [11] (tratamento NPK). No tratamento testemunha não foi aplicado lodo; o tratamento 1N representa a dose de lodo de esgoto — em base seca — calculada visando-se aplicar a mesma quantidade de nitrogênio recomendada para fertilização mineral da cultura: 51 kg ha⁻¹ de N. O cálculo da dose 1N dos lodos de esgoto foi baseado no teor de N dos lodos de acordo com [12].

TABELA I

CARACTERIZAÇÃO PARCIAL DOS LODOS DE ESGOTO UTILIZADOS NO EXPERIMENTO E COLETADOS EM 1999 NAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE FRANCA, SP E DE BARUERI, SP.

Atributo	Lodo de esgoto	
	Franca	Barueri
Umidade em base úmida (%)	83	66
pH em água	5,2	5,9
N Kjeldahl (mg kg ⁻¹) ¹	56.400	21.000
N amoniacal (mg kg ⁻¹) ¹	4.656	1.403
N nítrico (mg kg ⁻¹) ¹	37	312
Relação C orgânico:N orgânico	6,9	11,7
C orgânico (g kg ⁻¹)	356	230
K (%)	0,08	0,14

¹ Determinação em amostra úmida.

Os tratamentos 2N, 4N e 8N representam duas, quatro e oito vezes a dose 1N dos lodos de esgoto (Tabela II). No tratamento NPK aplicaram-se 400 kg ha⁻¹ da fórmula 4-20-16 + 35 kg ha⁻¹ de N em cobertura, utilizando-se uréia. Houve complementação de K em três tratamentos com lodo de Franca (47, 41 e 28 kg ha⁻¹ de K nos tratamentos 1N, 2N e 4N, respectivamente) e no tratamento 1N com lodo de Barueri (5 kg ha⁻¹ de K), utilizando-se KCl. Os tratamentos foram organizados em delineamento de blocos casualizados; os dois fatores estudados, tipo de lodo e dose foram arranjados em cada bloco em parcelas subdivididas, com três repetições. Os tipos de lodo constituíram as parcelas e as doses constituíram as subparcelas. Cada subparcela mediu 20m x 10m, com 12 linhas de plantio; manteve-se espaçamento de 5m entre subparcelas e entre blocos, cultivando-se braquiária roçada nessas áreas. No campo experimental, os lodos úmidos foram distribuídos a lanço na área total das parcelas experimentais em março de 1999 e incorporados ao solo na profundidade de 0 a 20 cm com uso de enxada rotativa. A semeadura do milho safrinha variedade CATI AL30 foi realizada cinco dias após o término dos trabalhos de incorporação dos lodos de esgoto no experimento. As amostras de solo para avaliação dos estoques de C e de N foram coletadas na profundidade de 0 a 10 cm, em novembro de 1999, após o cultivo de milho, em um ponto amostral no centro das subparcelas, secadas ao ar e passadas em peneira com malhas de 2mm. A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico, com duas repetições por subparcela. Os teores de carbono orgânico e de N Kjeldahl foram determinados à base de massa segundo [10], e os estoques dos elementos no solo foram calculados para a profundidade estudada (0-10cm) utilizando-se os valores medidos da densidade do solo. O pH foi determinado em relação solo:água 1:2,5 [13]. Foi feita análise de regressão linear dos dados considerando-se as doses de lodo de esgoto aplicadas ao solo, verificando-se a significância estatística pelo F-teste (p<0,05).

TABELA II

QUANTIDADE DE LODOS DE ESGOTO APLICADOS EM CAMPO E QUANTIDADES CALCULADAS DE CARBONO ORGÂNICO, DE NITROGÊNIO ORGÂNICO E DE NITROGÊNIO MINERAL INCORPORADAS A LATOSSOLO VIA LODOS NO INÍCIO DO CULTIVO DE MILHO SAFRINHA VAR. CATI AL 30.

	Tratamento ¹ com lodo de Franca ²			
	1N	2N	4N	8N
	----- kg ha ⁻¹ -----			
Lodo de esgoto	3.014	6.028	12.057	24.113
C orgânico	1.074	2.148	4.296	8.592
N orgânico	156	312	624	1.248
N mineral	14	28	57	113
	Tratamento com lodo de Barueri ³			
	1N	2N	4N	8N
	----- kg ha ⁻¹ -----			
Lodo de esgoto	8.095	16.190	32.381	64.762
C orgânico	1.863	3.726	7.452	14.904
N orgânico	159	318	636	1.272
N mineral	14	28	56	111

¹ Os tratamentos denominados 1N correspondem à aplicação, via lodo de esgoto em base seca, da dose de N disponível recomendada para o milho safrinha (51 kg ha⁻¹ de N), considerando-se fração de mineralização de nitrogênio média de 30% para os dois lodos de esgoto; os tratamentos 2N, 4N e 8N representam doses múltiplas do tratamento 1N. ² Lodo de esgoto da estação de tratamento de esgotos de Franca, SP. ³ Lodo de esgoto da estação de tratamento de esgotos de Barueri, SP.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dada a composição distinta em C e em N dos dois lodos de esgoto (Tabela I), as doses estimadas de N disponível no solo foram as mesmas nos tratamentos 1N, 2N, 4N e 8N, porém as doses totais de resíduos e as quantidades totais de C orgânico incorporadas ao solo foram diferentes num mesmo tratamento (Tabela II). O teor inicial de carbono orgânico no solo das parcelas, antes da aplicação dos tratamentos, variou de 12 a 19 g kg⁻¹. Ao final do cultivo, os tratamentos com adubação mineral (NPK) e testemunhas (dose zero dos dois lodos) mantiveram-se nessa faixa (Fig. 1). Nos tratamentos com aplicação dos lodos de esgoto, porém, observou-se um aumento geral nesses teores, que variaram, em média, de 15 a 25 g kg⁻¹, o qual pode estar relacionado à falta de chuvas no período avaliado, diminuindo a taxa de mineralização dos resíduos, principalmente de compostos de degradação mais lenta. Aumentos nos teores de carbono do solo devidos a doses desses dois lodos foi observado por [14], em laboratório, porém neste trabalho houve efeito linearmente significativo apenas para as doses do lodo de Franca (Fig. 1).

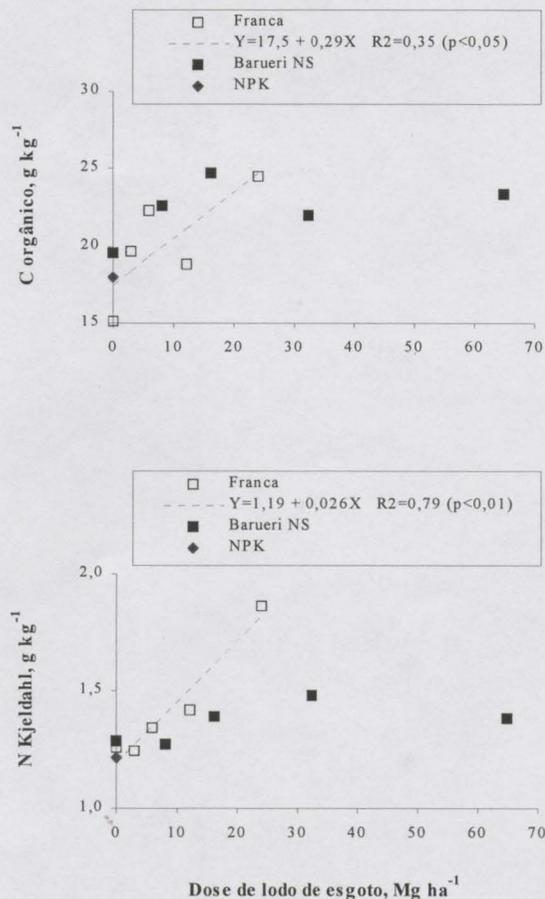


Fig. 1. Efeito da adubação mineral (NPK) e de cinco doses de lodos de estações de tratamento de esgoto de Franca, SP e de Barueri, SP, sobre o teor de carbono orgânico e de nitrogênio Kjeldahl em Latossolo (0-10cm) após um cultivo de milho safrinha. Modelos lineares ajustados significativos pelo F-teste na probabilidade apresentada; NS: não significativo ($p \geq 0,05$).

É possível que o lodo de Barueri, por ser um material de origem industrial com maior teor de poluentes, tenha afetado o acúmulo de matéria orgânica no solo, diminuindo o desenvolvimento de raízes, ou pode ter havido maior movimentação de compostos carbonados para camadas abaixo de 10 cm de profundidade do solo. Para o N no solo (Fig. 1), a faixa de variação encontrada após o cultivo foi semelhante àquela do início do experimento, 0,9 a 1,5 $g\ kg^{-1}$, com aumento significativo devido às doses observado apenas para o lodo de Franca. Na Fig. 2 são mostradas as estimativas dos estoques de C do solo nos diversos tratamentos, ao final do cultivo. Não foram observados efeitos significativos das doses ou dos tipos de lodos de esgoto sobre o estoque de C orgânico no solo, resultados que concordam com [4] e [2], dada a pouca persistência da carga orgânica dos lodos em condições tropicais. Verifica-se assim que efeitos diretos no

estoque da matéria orgânica do solo não podem ser esperados pela aplicação de grandes quantidades desses resíduos.

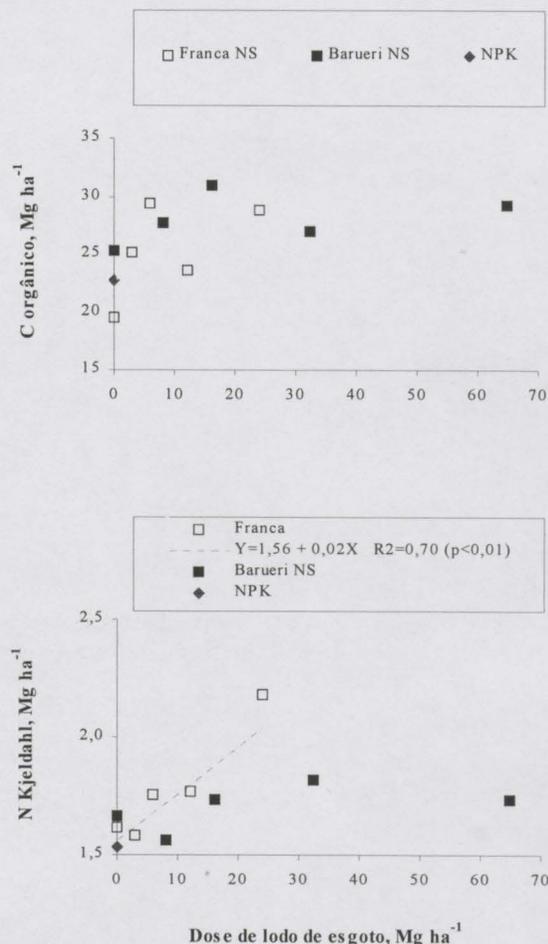


Fig. 2. Efeito da adubação mineral (NPK) e de cinco doses de lodos de estações de tratamento de esgoto de Franca, SP e de Barueri, SP, sobre os estoques de carbono orgânico e de nitrogênio Kjeldahl na camada de 0 a 10 cm de profundidade em Latossolo, após um cultivo de milho safrinha. Modelos lineares ajustados significativos pelo F-teste na probabilidade apresentada; NS: não significativo ($p \geq 0,05$).

Neste trabalho, aplicaram-se quantidades até oito vezes maiores do que a recomendação agrônômica e ambiental para esses lodos de esgoto. Obteve-se aumento linear significativo dos estoques de N no solo com o aumento das doses de lodo de Franca (Fig. 2), coerente com o aumento do teor de N no solo (Fig. 1), não obstante a diminuição da densidade do solo (Fig. 3). Não houve efeito significativo das doses do lodo de Barueri sobre o estoque de N, embora tenham sido utilizadas quantidades similares de N aplicado ao solo (Tabela II), nem sobre a densidade do solo ou sobre o pH. No entanto, ao utilizarem-se doses elevadas de lodos de esgoto, diversos impactos ambientais negativos podem ser esperados, como

excesso de N mineral no solo, com risco de lixiviação e contaminação de corpos de água sub-superficiais com nitrato [15].

IV. CONCLUSÕES

A relação entre doses de lodo de esgoto e efeito na matéria orgânica do solo é variável com o tipo de resíduo.

Doses de lodos de esgoto de Franca ou de Barueri superiores às quantidades recomendadas visando suprir N à cultura não afetaram o estoque de carbono orgânico no solo ao final de um cultivo de milho safrinha.

O aumento das doses de lodo de esgoto de Franca provocou aumento do estoque de N no solo, diminuição da densidade do solo e acidificação do solo. As doses do lodo de Barueri não afetaram essas propriedades do solo.

REFERÊNCIAS

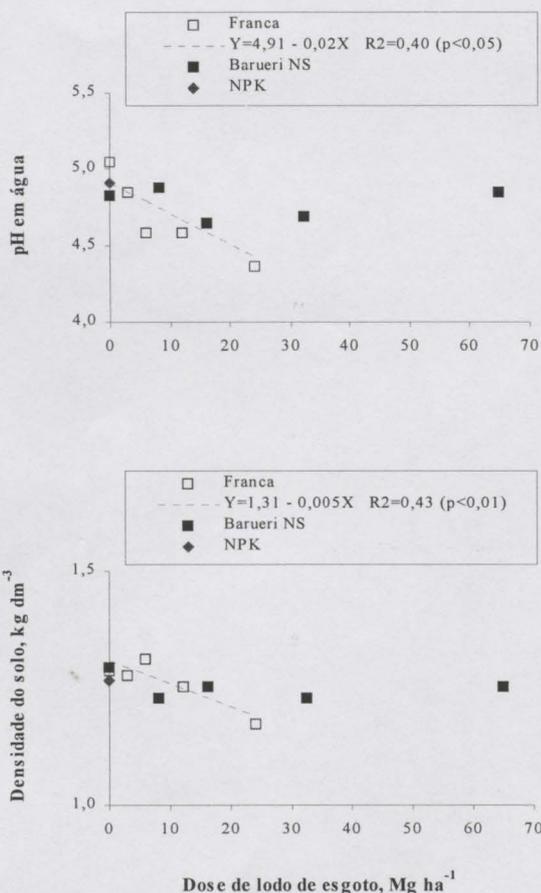


Fig. 3. Efeito da adubação mineral (NPK) e de cinco doses de lodos de estações de tratamento de esgoto de Franca, SP e de Barueri, SP, sobre o pH e sobre a densidade de Latossolo na camada de 0 a 10 cm de profundidade, após um cultivo de milho safrinha. Modelos lineares ajustados significativos pelo F-teste na probabilidade apresentada; NS: não significativo ($p \geq 0,05$).

Além desse e de outros poluentes, pode-se encontrar com facilidade teores elevados de metais pesados em lodos de esgoto, os quais são passíveis de serem absorvidos pelas plantas [16]. Por esta razão, a aplicação desses resíduos em solos agrícolas deve ser tratada com cautela e com conhecimento dos efeitos a longo prazo sobre as diversas variáveis ambientais que são afetadas nessa forma de manejo do solo. Além do maior aporte de metais ao solo, a acidificação causada pelo lodo de Franca aplicado em altas dosagens (Fig. 3) pode aumentar a disponibilidade de metais no solo.

- [1] E. T. Craswell "Some factors influencing denitrification and nitrogen immobilization in a clay soil". *Soil Biology and Biochemistry*, Elmsford, 10:214-245, 1978.
- [2] C. O. Ros "Lodo de esgoto: efeito imediato no milho e residual na associação aveia-ervilhaca". *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 17:257-261, 1993.
- [3] J. Cegarra "Utilização e manejo de lodos de águas residuais urbanas con fines agrícolas: solos ecuatoriales, materia orgánica do solo" *Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo*, Bogota, 12:151-173, 1983.
- [4] W. J. Melo, M. O. Marques, G. Santiago, R. A. Chelli, S. A. S. Leite "Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar". *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 18:449-455, 1994.
- [5] M. O. Marques "Incorporação de lodo de esgoto em solo cultivado com cana-de-açúcar". Jaboticabal, Unesp/FCAV, 1996. 111p. Tese Livre Docência.
- [6] A. L. C. Martins "Fitodisponibilidade de metais pesados em um latossolo vermelho tratado com lodo de esgoto e calcário". Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 2001. 118p. Tese de Mestrado.
- [7] F. C. Silva, A. E. Boaretto, R. S. Berton, H. B. Zotelli, C.A. Peixe, E. M. Bernardes. "Efeito de lodo de esgoto na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 36:831-840, 2001.
- [8] F. C. Oliveira, M. E. Mattiazzo, C. R. Marciano, R. Rossetto. "Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em um latossolo amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC". *Revista Brasileira de Ciência do solo*, Viçosa, 26:505-519, 2002.
- [9] B. van Raij, J. A. Quaggio "Métodos de análise de solo para fins de fertilidade". Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81)
- [10] M. J. Tedesco, C. Gianello, C. Bissani, H. Bohnen, S. J. Volkweiss "Análise de solo, plantas e outros materiais". 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5)
- [11] B. van Raij, H. Cantarella, J. A. Quaggio, A. M. C. Furlani "Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo". Campinas: Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100)
- [12] Cetesb "Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas: critérios para projeto e operação". São Paulo, 1999. 32 p. (Manual Técnico, P4230).
- [13] O. A. Camargo, A. C. Moniz, J. A. Jorge, J. M. A. S. Valadares. "Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas". Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1986. 95p. (Boletim Técnico, 106)
- [14] R. C. Boeira, M. A. V. Ligo, J. F. Dynia "Mineralização de nitrogênio em solo tropical tratado com lodos de esgoto" *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 37:1639-1647, 2002.
- [15] J. F. Dynia, R. C. Boeira "Implicações do uso do lodo de esgoto como fertilizante em culturas anuais: nitrato no solo" *Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente*, 2000. (Comunicado Técnico, 4)
- [16] M. B. McBride "Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: are USEPA regulations protective?" *Journal of Environmental Quality*, Madison, 24:5-18, 1995.