

Efeito Residual da Aplicação do Lodo de Esgoto em Milho (*Zea mays* L)

Rosana Faria Vieira¹, Waldemore Moriconi¹ e Henrique Barros Vieira¹

¹Embrapa Meio Ambiente, Campinas, SP

rosana@cnpma.embrapa.br, moriconi@cnpama.embrapa.br e henrique@cnpma.embrapa.br

RESUMO – Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito residual da aplicação de lodo de esgoto na produtividade do milho (*Zea mays* L). O experimento iniciou-se em 1999 e a partir de então foram feitas várias aplicações ao solo de lodos oriundos da Estação de Tratamento de Barueri e de Franca. O delineamento foi de blocos ao acaso, com três repetições, e os seguintes tratamentos: controle, sem adição de lodo ou de fertilizantes, fertilização mineral completa, dose 1 do lodo de Franca, dose 2 do lodo de Franca, dose 1 do lodo de Barueri e dose 2 do lodo de Barueri. A dose 1 de lodo foi calculada baseando-se na recomendação de N pela cultura. A dose 2 foi o dobro da dose 1. As avaliações deste trabalho foram feitas no ano agrícola 2007/2008, quando somente o lodo de Franca foi aplicado. Apesar da não aplicação do lodo de Barueri os rendimentos do milho neste tratamento foram similares ao do tratamento com fertilização mineral. A aplicação do lodo de Franca produziu os maiores rendimentos e retornou mais N ao solo por meio dos restos vegetais. Os resultados demonstraram que aplicações anuais de lodo podem levar a perdas de N para o ambiente e que os efeitos residuais do lodo deveriam ser considerados no cálculo de recomendação daquele composto, quando se utiliza os requerimentos da planta em nitrogênio.

Palavras-chave: mineralização de nitrogênio, absorção de nitrogênio

Introdução

O aumento do custo de fertilizantes associado ao aumento da produção de lodo de esgoto no mundo tem tornado a prática de disposição deste composto ao solo uma opção atrativa. Além de ser rico em nutrientes para a planta, como nitrogênio (N) e fósforo (P), o lodo de esgoto melhora a estrutura do solo, aumenta a capacidade do solo em reter umidade e estimula a atividade microbológica (Vieira, 2001; Fernández et al., 2009). A maior parte do N no lodo está na forma orgânica que tem que ser mineralizada para tornar-se disponível para a planta. Após a sua aplicação no solo, somente uma parte do N do lodo é disponibilizada durante uma estação de crescimento. Entender os fatores e processos que influenciam a extensão e a taxa de conversão do N orgânico para formas inorgânicas é importante para o estabelecimento de manejos adequados daquele nutriente no solo bem como de suas possíveis perdas para o ambiente (He et al., 2000). Aplicações anuais à base do requerimento do N pelas culturas podem resultar em acumulação excessiva de P (Liang et al., 2011) e também em teores de N mineral maiores do que as plantas seriam capazes de absorver.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito residual do lodo de esgoto no fornecimento de nutrientes à planta, principalmente o N. Com estes resultados novas técnicas e frequências de aplicação do lodo poderiam ser adotadas.

Material e Métodos

O experimento foi implantado em Jaguariúna, SP, em um Latossolo Vermelho distroférico. Dois tipos de lodo foram aplicados. Um é oriundo da estação de Tratamento de Lodo de Barueri, SP e o outro da Estação de Tratamento de Lodo de Franca. O primeiro recebe lodo industrial e doméstico e o outro somente lodo doméstico. A primeira aplicação dos dois lodos foi feita em abril de 1999. O lodo de Barueri foi aplicado posteriormente em Novembro de 1999 (ano agrícola 99/00), em Novembro de 2000 (ano agrícola 00/01), em novembro de 2001 (ano agrícola 01/02) e em Novembro de 2002 (ano agrícola 02/03). O lodo de Franca foi aplicado até o ano agrícola de 2007/2008, à exceção dos anos 2004/2005 e 2005/2006. Os dois lodos foram digeridos anaerobicamente. O milho (AG 4051) foi usado como planta teste em todos os cultivos. Após cada colheita o solo foi mantido sem cultura até o próximo cultivo.

Os dados relativos a este trabalho foram coletados no ano agrícola 2007/2008. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso com três repetições e não foi irrigado. Os tratamentos consistiram de: parcelas sem lodo e sem fertilização mineral (T), parcelas com fertilização mineral (FM), parcelas com a dose 1 do lodo de Franca (1LF), parcelas com a dose 2 do lodo de Franca (2LF), parcelas com a dose 1 do lodo de Barueri (1LB), parcelas com a dose 2 do lodo de Barueri (2LB). A dose 1 foi calculada considerando o N recomendado para a cultura do milho. A dose 2 foi o dobro da dose 1. Mais informações sobre a forma de aplicação do lodo e do cálculo de suas doses são apresentados no trabalho de Vieira et al. (2005). No experimento de 2007/2008 o solo apresentava as características químicas descritas na Tabela 1. Nas parcelas com fertilização mineral foram aplicados no plantio 390 kg ha⁻¹ da mistura N-P-K 4-14-8. Em cobertura foram ainda aplicados 70,40 kg N ha⁻¹, na forma de uréia. No total foram aplicados 86 kg N ha⁻¹. As parcelas dos tratamentos 1LF, 2LF 1LB e 2LB foram sempre complementadas com K em decorrência do baixo teor deste elemento nos lodos. Foram realizadas amostragens de solo no início do experimento para avaliação dos teores de N mineral, nas profundidades de 0-10 cm e de 10-20 cm. A primeira foi feita 6 dias antes da aplicação do lodo de Franca, e as outras aos 5, 10, 13 18, 34 e 56 dias após a aplicação do lodo (Keeney & Nelson, 1982).

Na colheita foram determinadas as produtividades, os teores de N mineral exportados para os grãos e as quantidades de N deixadas na palhada (partes da planta que ficaram no solo após colheita). Para este último cálculo considerou-se que cerca de 74 % do N que a planta de milho absorve é translocada para os grãos (Coelho et al., 2006).

Resultados e Discussão

As concentrações de N mineral nas duas profundidades estudadas não apresentaram diferenças significativas entre tratamentos na coleta realizada antes da aplicação do lodo de Franca (Tabela 2). Nas outras coletas observa-se sempre um aumento ou uma tendência a aumento nos teores de N mineral (NH_4^+ e NO_3^-) nas parcelas suplementadas com o lodo de Franca. Nas parcelas anteriormente suplementadas com o lodo de Barueri as concentrações de N mineral tenderam a ser similares ao do tratamento FM e ao do tratamento controle, que praticamente não diferiram significativamente entre si. Estas ausências de respostas destes tratamentos em relação ao tratamento T podem estar relacionadas à capacidade do solo de fornecer N mineral à planta. Pela tabela 2 verifica-se que as quantidades de nitrogênio no solo nas parcelas com o lodo de Franca são sempre maiores que as obtidas no tratamento FM e, em algumas épocas ela chega a ser quase duas vezes maior. Isto pode representar perda em potencial do N do solo para o ambiente tanto por lixiviação como por desnitrificação. Tal fato demonstra que a aplicação do lodo todo de uma só vez pode incorrer em problemas ambientais que poderiam ser minimizados com a aplicação de menores doses de lodo, associado a pequenas doses de fertilizante mineral. Outra forma de contornar o problema seria aplicar apenas um percentual da dose recomendada, segundo o cálculo de recomendação de N. Esta prática, porém, necessitaria de mais estudos. Neste trabalho a semeadura do milho ocorreu 13 dias após a aplicação do lodo ao solo, o que pode contribuir ainda mais com as perdas de N para o ambiente.

Os rendimentos do milho, bem como os teores de N translocados para os grãos foram bem maiores nas parcelas suplementadas com o lodo de Franca (Figura 1A e 1B). Nas parcelas com o lodo de Barueri os rendimentos e os teores de N translocados para os grãos não diferiram significativamente dos obtidos no tratamento FM, mas foram maiores que os obtidos no tratamento controle, apesar deste lodo ter sido aplicado somente até o ano agrícola de 2003/2004. Os menores rendimentos foram obtidos no tratamento T. Os maiores resultados obtidos com o lodo de Barueri em relação ao tratamento T está provavelmente associado à presença residual de outros elementos, além do N, no solo, derivados de aplicações anteriores deste composto. Quando o lodo é aplicado ao solo ele contém grandes quantidades de

material orgânico facilmente decomponível que após a mineralização libera N inorgânico para o desenvolvimento das plantas (Akdeniz et al., 2006). Em adição ao N o lodo também tem outros elementos que estimularão o desenvolvimento da planta (Pote et al., 2003). Nas parcelas com o lodo de Barueri o teor de C orgânico era maior que o obtido no tratamento controle. Isto pode ter sido crucial no maior rendimento obtido em relação àquele tratamento. Após anos sem aplicar o lodo de Barueri, o revolvimento do solo durante o seu preparo, associado à presença da planta e incidência de chuva, pode ter incentivado a mineralização do C orgânico do solo. Esta mineralização estaria ligada, possivelmente, a microrganismos responsáveis por atuarem em compostos em estágios mais avançados de degradação.

Se considerarmos que a planta de milho exporta cerca de 74 % do N para os grãos (Coelho et al., 2006) a quantidade do lodo de Franca aplicada baseado na recomendação de N pela cultura, pode resultar em perdas deste elemento para o ambiente. Isto é fato, principalmente, se o solo em questão já recebeu outras aplicações do composto. No caso do lodo de Franca, na dose 1, cerca de 144,56 kg N ha⁻¹ foram absorvidos pela planta e 106,97 kg N ha⁻¹ foram translocados para os grãos. A diferença entre os dois demonstra que cerca de 37,59 kg N ha⁻¹ foi devolvida ao solo com os restos vegetais. Como a relação C/N de gramíneas é geralmente alta, este N não será prontamente mineralizado e, pode, até o próximo cultivo ser liberado para o milho. Deste modo, ele deveria ser considerado como residual e levado em conta na próxima aplicação do lodo. Com relação à maior dose dos dois lodos não houve benefícios adicionais para a planta, demonstrando que a aplicação do lodo em excesso pode prejudicar a produtividade do milho, além de deixar teores elevados de N no solo que não serão utilizados pela cultura, sendo, portanto, passíveis de serem perdidos para o ambiente.

Literatura citada

AKDENIZ, H.; YILMAZ, I.; BOZKURT, M.A.; KESKIN, B. The effects of sewage sludge and nitrogen applications on grain sorghum grown (*Sorghum vulgare* L.) in Van-Turkey. *Pollution Journal of Environmental Study*, v.15, n. 1, p.19–26, 2006.

COELHO, A.M.; FRANCA, G.E. de; PITTA, G.V.E.; ALVES, V.M.C.; HEMANI, L.C. Cultivo do milho. *Sistemas de Produção*, 1. ISSN 1679-012 Versão Eletrônica, 2º Edição. Embrapa Milho e Sorgo, 2006.

FERNÁNDEZ, JM.; PLAZA, C.; GARCIA-GIL, JC.; POLO, A. (2009) Biochemical properties and barley yield in a semiarid Mediterranean soil amended with two kinds of sewage sludge. *Applied Soil Ecology*, v. 42, n.1, p.18-24, 2009.

HE, Z.L.; ALVA, A.K.; YAN, P.; LI, Y.C.; CALVERT, D.V.; STOFFELLA, P.J.; BANKS, D.J. Nitrogen mineralization and transformation from composts and biosolids during field incubation in a sandy soil. *Soil Science*, v.165, n. 2, p.161–169, 2000.

KEENEY, D.R.; NELSON, D.W. Nitrogen-inorganics forms. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. (Eds.) *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties*. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, Wis., pp. 643-698, 1982.

LIANG, Z.; PENG, X.; WANG, J.; LUAN, Z.; LIU, Z.; WANG, Y. Immobilization of phosphorus in sewage sludge using inorganic amendments. *Environmental of Earth Science*, v. 63, n. 2, p. 221-228, 2011.

POTE, D.H.; LORY, J.A.; ZHANG, H. Does initial soil P level affect water-extractable soil P response to applied P? *Advances in Environmental Research*, v. 7, n. 2, p. 503–509, 2003.

VIEIRA, R.F. Sewage sludge effects on soybean growth and nitrogen fixation. *Biology and Fertility of Soils*, v. 34, n. 3, p. 196-200, 2001.

VIEIRA, R.F.; CARDOSO, A.A. Variações nos teores de nitrogênio mineral em solo suplementado com lodo de esgoto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, n.7, p.867-874, 2003.

Tabela 1. Análise do solo antes do início do experimento no ano agrícola 2007/2008.

Elementos	Unidade	C	FM	1LF	2LF	1LB	2LB
MO	g dm ⁻³	25,33	29,67	27,33	30,00	30,00	32,33
pH	H ₂ O	5,27	5,13	5,13	5,20	5,37	5,33
P	mg dm ⁻³	3,00	16,00	20,33	39,33	22,00	48,33
K	mmol _c dm ⁻³	0,53	1,10	0,97	0,77	0,73	0,77
CTC	mmol _c dm ⁻³	66,90	73,73	70,93	76,23	77,77	82,23

Tabela 2. Teores de N mineral nos diferentes tratamentos até 56 dias após a aplicação do lodo de Franca.

Tratamentos	AAL	5 DAAL	10DAAL	13DAAL	18DAAL	34DAAL	56DAAL
0-10 cm de profundidade							
T	31.82 a ¹	33,80 cd	73.33 c	42.03 bc	34.02 d	36,61 c	38,07 bc
FM	30.27 a	33,13 cd	69.88 c	38.73 c	34.82 d	35,86 c	24,10 e
1LF	29.90 a	45,29 bc	127.58 b	53.56 b	56.11 b	54,69 a	42,73 ab
2LF	33.31 a	100.88 a	184.58 a	86.00 a	105.96 a	41,34 ab	50,37 a
1LB	30.97 a	33,17 cd	64.34 c	44.13 bc	45.71bcd	36,50 c	32,05 cde
2LB	36.49 a	34,40 cd	81.50 bc	36.14 c	32.88 d	38,42 c	33,25 cde
10-20 cm de profundidade							
T	34.25 a	31,08 d	64.06 c	39.61 bc	38.00 cd	34,88 c	36,66 bc
FM	33.66 a	32,49 d	69.50 c	35.01 c	36.02 cd	35,70 c	36,78 bc
1LF	32.15 a	38,39 bcd	87.88 bc	35.92 c	40.29 cd	46,80 b	38,29 bc
2LF	30.39 a	46,86 b	101.38 bc	39.51 bc	49.09 bc	48,57 ab	40,91 abc
1LB	37.36 a	29,27 d	73.59 c	44.09 bc	46.92bcd	37,39 c	30,00 de
2LB	35.47 a	27,66 d	83.03 bc	33.36 c	41.98bcd	37,67 c	40,47 abc
Erro Padrão	3.13	4.25	15.94	4.94	4.85		3,76

⁽¹⁾ Dados de N mineral em µg g⁻¹ de solo. AAL, antes da aplicação do lodo. DAAL, Dias após a aplicação do lodo. T, controle; FM, fertilização mineral; 1LF, dose 1 do lodo de Franca; 2LF, dose 2 do lodo de Franca; 1LB, dose 1 do lodo de Barueri; 2LB, dose 2 do lodo de Barueri. Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem significativamente entre si (Teste LSD, *p* < 0,05)

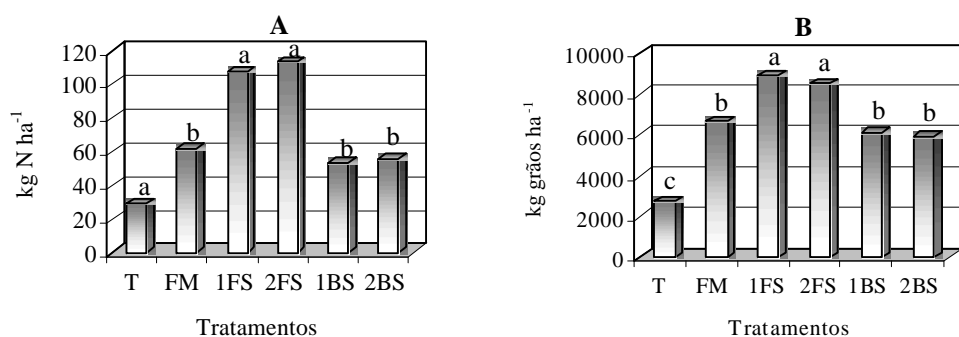


Figura 1. Quantidade de nitrogênio (N) translocada para os grãos (A) e produtividade da planta (B) em cada tratamento. T, controle; FM, fertilização mineral; 1LF, dose 1 do lodo de Franca; 2LF, dose 2 do lodo de Franca; 1LB, dose 1 do lodo de Barueri; 2LB, dose 2 do lodo de Barueri. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada gráfico não diferem significativamente entre si (Teste LSD, $p < 0,05$)

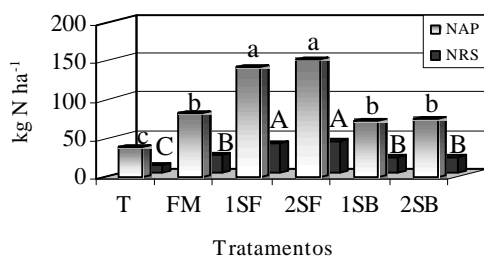


Figura 2. Nitrogênio absorvido pela planta (NAP) e N que permaneceu no solo (NPS) considerando que a quantidade de N nos grãos corresponde à cerca de 74 % do N absorvido pela planta. T, controle; FM, fertilização mineral; 1LF, dose 1 do lodo de Franca; 2LF, dose 2 do lodo de Franca; 1LB, dose 1 do lodo de Barueri; 2LB, dose 2 do lodo de Barueri. Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem significativamente entre si (Teste LSD, $p < 0,05$)