

EFEITO DO COMPOSTO DE LIXO URBANO EM UM SOLO ARENOSO E EM PLANTAS DE SORGO⁽¹⁾

W. L. ALVES⁽²⁾, W. J. MELO⁽³⁾ & M. E. FERREIRA⁽³⁾

RESUMO

Estudou-se o efeito do composto de lixo urbano na fertilidade e nos teores totais e extraídos com solução de DTPA 0,005 mol L⁻¹ pH 7,3 dos elementos Fe, Mn, Zn e Ni em um Podzólico Vermelho-Amarelo textura arenosa, em casa de vegetação. Empregou-se sorgo como planta-teste, avaliando-se perfilhamento, produção de matéria seca e quantidade acumulada dos elementos P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Ni em função de doses de composto equivalentes a 0, 12,5, 25, 50 e 100 t ha⁻¹, na ausência e na presença de adubação mineral. O composto aumentou a produção de matéria seca do sorgo na ausência de adubação mineral; esta, contudo, promoveu maior aumento de produção e perfilhamento das plantas. Na parte aérea de sorgo, não foi detectado Ni, enquanto as quantidades acumuladas de Fe, Mn e Zn relacionaram-se com os teores no solo extraídos com DTPA. A aplicação do composto de lixo promoveu aumento dos valores de pH, matéria orgânica, bases trocáveis, P resina e CTC do solo, reduzindo a acidez potencial (H + Al). Os teores totais de Fe, Mn e Zn no solo aumentaram com as doses do composto, enquanto o de Ni aumentou somente na ausência de adubação mineral. Os teores de Zn e Ni no solo, extraídos com DTPA, aumentaram com as doses do composto tanto na ausência como na presença de adubação mineral; já os de Mn e Fe diminuíram na presença de adubação mineral e não foram alterados na sua ausência. Apesar de não ter ocorrido acúmulo dos metais pesados no tecido vegetal, houve incremento no solo de alguns dos elementos; portanto, deve-se atentar para aplicações sucessivas de composto de lixo domiciliar.

Termos de indexação: adubação orgânica, DTPA, metais pesados, acidez do solo.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado em Agronomia do primeiro autor apresentada à FCAV/UNESP. Recebido para publicação em março de 1997 e aprovado em abril de 1999.

⁽²⁾ Doutorando do Departamento de Solos e Adubos, FCAV/UNESP Campus de Jaboticabal. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, CEP 14870-000 Jaboticabal (SP). Bolsista do CNPq. E. mail: william@fcav.unesp.br.

⁽³⁾ Professor Titular da FCAV/UNESP.

SUMMARY: *URBAN WASTE COMPOST EFFECTS ON SANDY SOIL AND SORGHUM PLANTS*

A greenhouse experiment was carried out to evaluate the effect of urban waste compost on soil fertility and on total and extracted contents (DTPA 0.005 mol L⁻¹ pH 7.3) of the elements Fe, Mn, Zn and Ni in a sandy Red-Yellow Podzolic soil (Ultisol). The yield of dry matter of Sorghum bicolor plants and the content of P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn and Ni were evaluated in plant tops as a function of compost rates of 0, 12.5, 25, 50 and 100 t ha⁻¹, in the absence and presence of mineral fertilizers. Dry matter yield increased with the compost rates only in the absence of mineral fertilization. Ni was not detected in the plant tops of sorghum, whereas Fe, Mn and Zn contents were related with the DTPA-extracted contents of these elements in the soil. The application of urban waste compost increased pH, organic matter, exchangeable bases, P-resin and CEC values of the soil, reducing the potential acidity (H + Al). The total contents of Fe, Mn and Zn in the soil increased with the compost rates, whereas the total Ni content increased only in the absence of mineral fertilization. The contents of Zn and Ni in the soil, extracted with DTPA, increased with the compost rates both in the absence and in the presence of mineral fertilization; Mn and Fe contents, however, decreased in the presence of mineral fertilization and were not affected in its absence. Although accumulation of the heavy metals in the plants was not detected, the content of some elements in the soil increased; therefore, attention should be given to the possibility of soil contamination when conducting successive applications of urban waste compost.

Index terms: organic fertilization, DTPA, heavy metals, MSW, soil acidity.

INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas ambientais da atualidade diz respeito à disposição de resíduos sólidos de origem domiciliar. Tais resíduos, quando dispostos no solo sem tratamento e em grandes quantidades, provocam graves problemas de contaminação ambiental (Kiehl, 1985; Jardim et al., 1995; Alves, 1998). Os resíduos domiciliares são constituídos por 50 a 60% de material orgânico, e a sua reciclagem, por meio do processo de compostagem e posterior aplicação agrícola, é uma maneira eficiente de reduzir o volume de material destinado aos aterros sanitários (Hernandez et al., 1992; Grossi, 1993). O composto obtido do lixo é um adubo orgânico com boas características agronômicas, atuando na melhoria de propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Kiehl, 1985; Nakagawa, 1992).

Hortenstine & Rothwell (1973), avaliando os efeitos fitotóxicos dos micronutrientes B, Mn e Zn presentes no composto, revelaram que as quantidades absorvidas desses elementos não causava preocupação de contaminação, mesmo na dose mais elevada de 64 t ha⁻¹. Cabrera et al. (1989), comparando a aplicação de 14 t ha⁻¹ de composto de lixo com 500 kg ha⁻¹ de um fertilizante N-P-K, na fórmula 15-15-15, para a cultura do sorgo por dois ciclos, observaram que a dose utilizada foi suficiente para manter níveis adequados de P e K no solo e não promoveu diferença de produção, quando comparada com a do fertilizante mineral

N-P-K sozinho. Os autores alertaram para possíveis problemas com excesso de Cu e Zn, se doses maiores do composto forem utilizadas ou aplicações sucessivas forem feitas. Costa et al. (1994) estudaram, em casa de vegetação, o efeito da aplicação de composto de lixo na produção de alface e no teor de metais pesados na planta e observaram que, em solos argilosos, houve aumento de produção de matéria seca e, em solos arenosos, efeito depressivo na produção de alface. Segundo os referidos autores, verificou-se aumento significativo do teor de Zn, Cu, Cd e Pb nas folhas, apenas o Cu atingiu teores considerados fitotóxicos; o teor de Pb atingiu o limite de tolerância em alimentos fixado pela legislação brasileira.

Collier et al. (1997) avaliaram amostras de solo, de folhas e de frutos de goiabeira de áreas que receberam adubação com composto de lixo (40 t ha⁻¹ ano⁻¹), por 11 anos, bem como de áreas que receberam composto apenas no plantio das mudas (40 t ha⁻¹ em aplicação única) e daquelas que não receberam composto. Os autores concluíram que, dentro do sistema de manejo do solo avaliado, não ocorreu acúmulo de metais pesados nas folhas ou frutos de goiabeira acima dos níveis encontrados na literatura; houve enriquecimento de metais pesados no solo das duas áreas que receberam composto, embora não atingindo níveis críticos citados pela literatura. Outros autores relataram efeitos na fertilidade do solo como elevação do pH (Coker & Mathews, 1983; Simeoni et al., 1984; Pereira Neto, 1987; Hernando et al., 1989) e aumento de bases trocáveis (Costa et al., 1992). Apesar do grande número de trabalhos com

aplicação de composto de lixo realizados no Brasil e no mundo, existem dúvidas quanto à sua eficiência agrônômica e possibilidade de contaminação por metais pesados, principalmente no Brasil, onde ainda são poucos os trabalhos nesta linha de pesquisa.

Este trabalho teve como objetivo avaliar, em casa de vegetação, os efeitos da aplicação do composto de lixo urbano na fertilidade de um solo arenoso e no desenvolvimento e absorção de nutrientes e metais pesados por plantas de sorgo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação da Estação Experimental da CETESB de Novo Horizonte (SP), no período de julho a novembro de 1995.

Utilizaram-se amostras de um Podzólico Vermelho-Amarelo textura arenosa (830 g kg⁻¹ de areia e 130 g kg⁻¹ de argila), coletadas na camada de 0-20 cm de profundidade, no município de Novo Horizonte (SP), com as seguintes propriedades químicas: P(resina) = 2 mg dm⁻³, matéria orgânica = 13 g dm⁻³, pH em CaCl₂ = 4,6, K = 2,3 mmol_c dm⁻³, Ca = 15 mmol_c dm⁻³, Mg = 3 mmol_c dm⁻³, H + Al = 28 mmol_c dm⁻³, soma de bases = 20 mmol_c dm⁻³, CTC = 48 mmol_c dm⁻³ e saturação por bases = 42%, de acordo com o método descrito em Raij et al. (1987). Realizou-se também a determinação dos teores totais de micronutrientes e metais pesados, segundo o método descrito em Baker & Amacher (1982), obtendo-se os seguintes resultados, em mg kg⁻¹: Zn = 10, Mn = 62, Fe = 13.650, Ni = não detectado; Cd = não detectado e Pb = não detectado.

O composto utilizado foi obtido na usina piloto de compostagem de lixo urbano da CETESB, de Novo Horizonte (SP), produzido ao final de um processo de 120 dias de compostagem pelo sistema de leiras a céu aberto, com revolvimentos periódicos (Alves, 1998). Análise realizada segundo método descrito por Kiehl (1985) revelou um pH em CaCl₂ de 8,07 e os seguintes resultados na base seca: N = 7 g kg⁻¹; P = 5 g kg⁻¹; K = 0,7 g kg⁻¹; Ca = 3,6 g kg⁻¹, Mg = 0,3 g kg⁻¹, matéria orgânica = 300 g dm⁻³ e relação C/N = 12/1. Determinaram-se os teores de micronutrientes e metais pesados por meio do método de Baker & Amacher (1982), obtendo-se os seguintes resultados em mg kg⁻¹ na base seca: Zn = 310, Mn = 234, Fe = 27100 e Ni = 12.

Empregou-se um esquema fatorial 2 x 5 com 10 tratamentos, repetidos quatro vezes em delineamento inteiramente casualizado, totalizando 40 vasos. Os tratamentos foram constituídos pela combinação dos fatores adubação mineral (presença e ausência) e composto de lixo (nas doses equivalentes a 0, 12,5, 25, 50 e 100 t ha⁻¹ do material

seco ao ar). A adubação mineral correspondeu, em mg dm⁻³, a 150 de N, 200 de P, 150 de K, 30 de S, 1 de B, 15 de Fe, 15 de Mn, 0,1 de Mo e 4 de Zn. Os diversos produtos utilizados, suas respectivas concentrações nas soluções e quantidades aplicadas por vaso foram: (NH₄)₂SO₄/16,4 g L⁻¹/60 mL; NH₄H₂PO₄/51,93 g L⁻¹/50 mL; KCl/11,14 g L⁻¹/90 mL; H₃BO₃/0,657 g L⁻¹/30 mL; Fe EDTA/6,3 g L⁻¹/30 mL; MnCl₂.4H₂O/6,3 g L⁻¹/30 mL; MoO₃/0,017 g L⁻¹/30 mL e ZnCl₂/0,976 g L⁻¹/30 mL.

Na instalação do experimento, utilizaram-se, como vasos, tubos de PVC de 15 cm de diâmetro e 40 cm de altura, contendo, a 10 cm da base, uma tela de plástico com abertura de malha de 1 mm, coberta por um disco de papel de filtro Whatman nº 1 para sustentação do solo.

Amostras de solo (3,5 dm⁻³), secas e passadas em peneira de 4 mm, receberam calcário dolomítico para elevar a saturação por bases a 70% e, em seguida, adubo mineral e composto de lixo igualmente seco e passado em peneira de 4 mm; após homogeneização, as amostras foram colocadas nos tubos, resultando em coluna de 28 cm de altura. Adicionou-se água desionizada em quantidade suficiente para elevar a umidade do solo a 70% da capacidade de retenção de água, ficando nestas condições por 40 dias para incubação; nesse período, a umidade foi mantida por meio de pesagens e reposição de água diárias. Semearam-se cinco sementes de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench, variedade Ag 405] na profundidade de 1 cm e, 20 dias após, foi feito desbaste, deixando-se uma planta por vaso. Aos 97 dias da semeadura, o número de perfilhos foi determinado e a parte aérea das plantas foi coletada, lavada uma vez em água de torneira, uma vez em água de torneira com detergente neutro a 0,1% e mais duas vezes em água desionizada; em seguida, foi seca em estufa, a aproximadamente 65°C, pesada, moída e submetida à determinação da quantidade acumulada de: P, em extrato nítrico-perclórico, por colorimetria; K, Ca, Mg, no mesmo extrato, por espectrofotometria de absorção atômica (Sarruge & Haag, 1974), e Fe, Mn, Zn e Ni, no extrato nítrico-perclórico, por espectrofotometria de absorção atômica (Baker & Amacher, 1982).

Amostras de terra de cada vaso foram coletadas para determinação dos parâmetros de fertilidade, P-resina, matéria orgânica, pH, K, Ca, Mg e H + Al, segundo método de Raij et al. (1987). Determinaram-se, ainda, os teores totais dos elementos Fe, Mn, Zn e Ni no extrato nítrico-perclórico por espectrofotometria de absorção atômica (Baker & Amacher, 1982), bem como os teores dos mesmos elementos, extraídos em solução de DTPA 0,005 mol L⁻¹ pH 7,3, conforme descrito por Lindsay & Norwell (1978).

Os resultados foram submetidos à análise de variância em esquema fatorial, e os efeitos de doses foram avaliados por meio de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fertilidade do solo

Os teores de P, K, Ca e Mg sofreram aumentos significativos em função da dose do composto, tanto na ausência como na presença de adubação mineral (Figura 1). No caso do Mg, contudo, não houve interação de doses de composto e adubação mineral. Esses resultados corroboram os obtidos por Hortenstine & Rothwell (1972), que observaram, em solos arenosos de baixa fertilidade, aumento nos teores de Ca, Mg e K trocáveis após a aplicação de 35 e 70 t ha⁻¹ do composto.

Os aumentos de P, K, Ca e Mg obtidos em função de doses do composto (Figura 1) provavelmente sejam devidos à mineralização de parte desses elementos que estavam na forma orgânica. No caso do P, por exemplo, 100 t ha⁻¹ do composto com 5 g kg⁻¹ de P₂O₅ correspondem a 500 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Ayuso (1991), citado por Costa et al. (1992), observou incrementos nos teores de P assimilável devidos ao efeito residual do composto no solo. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Mazur et al. (1983), em Latossolo Amarelo textura arenosa, com a cultura do milho; segundo os quais os fenômenos de redução de fixação de fósforo e de mineralização

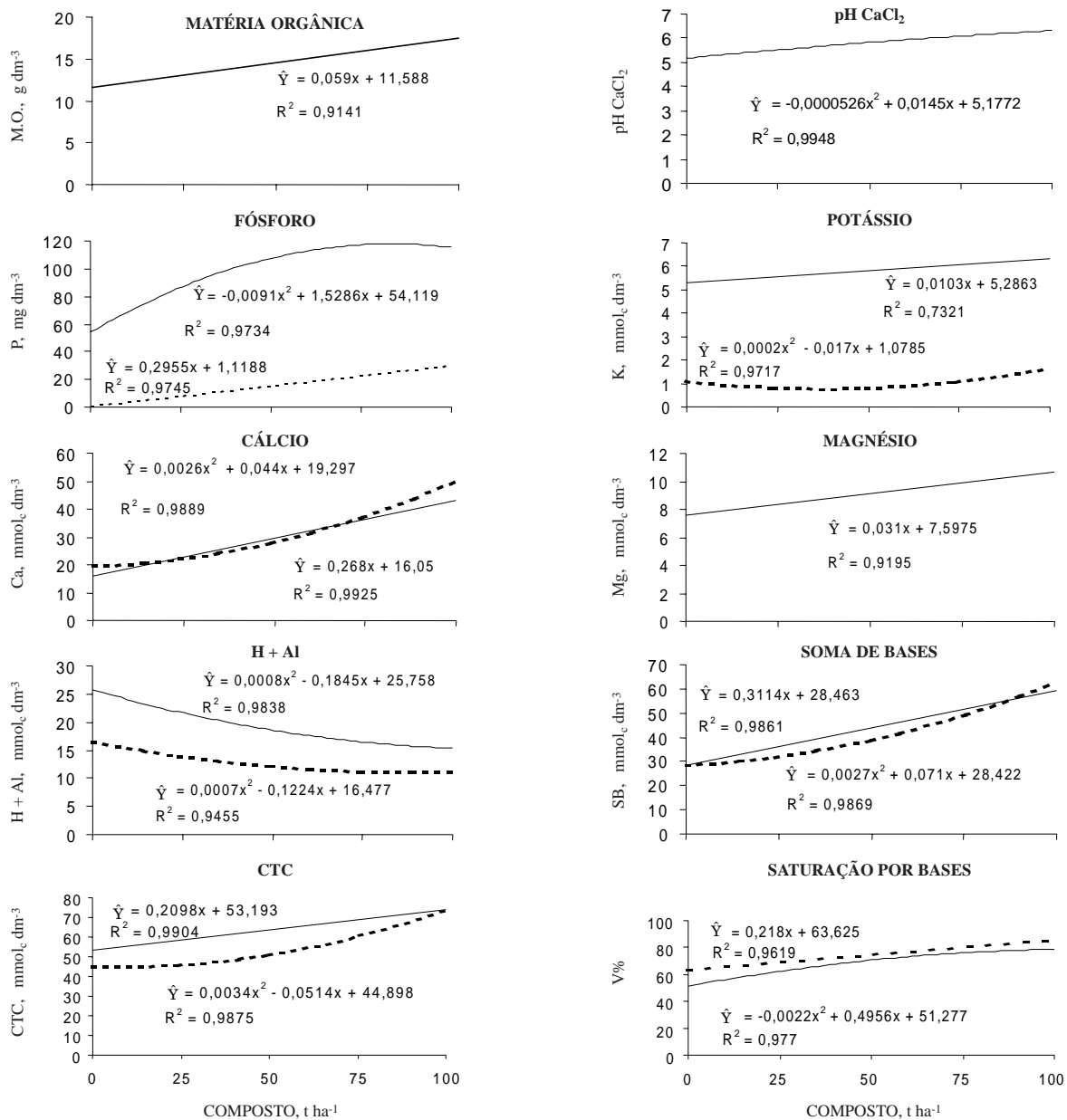


Figura 1. Efeito do composto de lixo urbano, na ausência (- - -) e na presença (----) de adubação mineral nas propriedades químicas do solo, variáveis com apenas uma regressão indicam ausência de interação significativa.

de matéria orgânica constituem possíveis causas dos maiores níveis de P assimilável no solo.

O teor de H + Al (Figura 1) diminuiu com o aumento da dose do composto, tanto na presença quanto na ausência de adubação mineral, enquanto a soma de bases e o pH, como era esperado, aumentaram. É provável que os maiores valores de H + Al na presença de adubação mineral sejam devidos ao caráter acidificante das soluções utilizadas como fontes de nutrientes. A elevação do valor de pH do solo está de acordo com as observações de diversos autores de que, de maneira geral, a aplicação de composto humificado ao solo promove elevação do seu pH (Coker & Matthews, 1983; Simeoni et al., 1984; Pereira Neto, 1987). Um fator importante que pode ter colaborado para a diminuição da acidez potencial é a possível formação de complexos estáveis entre o Al trocável e a matéria orgânica aplicada (Stevenson, 1982).

A aplicação do composto promoveu elevação dos teores de matéria orgânica do solo, o que teria aumentado também a CTC (Figura 1). A saturação por bases também aumentou com as doses do composto, sendo os valores de V% mais elevados na ausência de adubo mineral, talvez em razão dos menores teores de H + Al nestas condições.

Teores totais de Fe, Mn, Zn e Ni no solo

Os teores totais dos micronutrientes Fe, Mn e Zn aumentaram em função das doses aplicadas do composto (Quadro 1), tendo sido os maiores incrementos observados para o Zn. Purves & Mackenzie (1973) relataram aumento nos teores de Zn no solo em níveis excessivos após a aplicação de 100 t ha⁻¹ de composto. Aumentos significativos no conteúdo total desse elemento também foram relatados por Cabrera et al. (1989) com o emprego de 14 t ha⁻¹ de composto. Segundo Chander & Brookes (1991), teores muito elevados de Zn causaram redução significativa na decomposição da matéria orgânica do solo e decréscimo na quantidade de biomassa microbiana; contudo, o teor considerado muito alto foi de 281 mg kg⁻¹, valor muito acima do observado neste experimento.

Baseando em dados da Environmental Protection Agency (1983), que considera como teores totais máximos permitidos no solo em mg kg⁻¹: 1.000, 500 e 100, respectivamente, para Zn, Mn e Ni, e de autores citados por Egreja Filho (1993), pode-se inferir que, apesar de os teores totais desses elementos terem aumentado com a adição do composto, ainda se mostraram abaixo daqueles considerados excessivos. Embora não seja um bom

Quadro 1. Efeito do composto de lixo urbano nos teores totais e disponíveis de micronutrientes e metais pesados do solo, na ausência e na presença de adubação mineral

Composto	Teores totais				Teores disponíveis ⁽¹⁾			
	Fe	Mn	Zn	Ni	Fe	Mn	Zn	Ni
t ha ⁻¹	mg kg ⁻¹							
Ausência de adubação mineral⁽²⁾								
0	9.510	61,0	6,8	20,3	8,4	5,0	0,4	0,1
12,5	9.493	59,5	10,0	23,3	8,4	4,7	0,8	0,1
25,0	9.543	60,5	12,3	22,8	7,9	4,2	1,2	0,1
50,0	9.560	60,5	13,3	29,0	7,9	3,9	1,9	0,2
100,0	9.673	64,0	17,0	33,3	9,9	4,0	3,7	0,2
Presença de adubação mineral⁽²⁾								
0	9.573	64,8	9,0	14,8	31,2	23,2	1,9	0,1
12,5	9.580	68,3	14,8	17,8	26,0	22,3	2,8	0,1
25,0	9.600	65,8	11,8	14,0	23,3	17,3	2,8	0,2
50,0	9.748	67,3	14,0	21,8	22,4	12,7	3,8	0,2
100,0	10.078	73,3	20,8	16,3	21,9	10,3	5,2	0,3
F								
A ⁽³⁾	12,9*	113,2*	3,3*	49,4*	1.620,9*	1.928,8*	407,1*	11,3*
C	8,1*	11,1*	8,5*	6,7*	16,7*	87,9*	178,0*	48,2*
AXC	2,2 ^{ns}	2,7 ^{ns}	0,6 ^{ns}	2,9*	19,5*	65,8*	1,9 ^{ns}	5,1*
C.V. (%)	1,5	3,1	29,7	18,6	7,7	8,6	10,9	12,5

⁽¹⁾ Extraído com solução de DTPA 0,005 mol L⁻¹ pH 7,3. ⁽²⁾ Adubação mineral realizada com solução nutritiva. ⁽³⁾ Significância pelo teste F: * e ^{ns} significativo a 5% e não-significativo, respectivamente. ⁽³⁾ A = fator adubação química; C = fator dose de composto e AXC = interação dos fatores.

critério para avaliar a contaminação do solo com metais pesados, os teores totais têm sido os mais utilizados, uma vez que ainda não foram selecionados extratores adequados para a determinação dos teores disponíveis para as plantas.

Deve-se observar, principalmente no caso do Zn, que se pode atingir o teor total máximo tolerável no solo (50 mg kg^{-1} , segundo Lindsay, citado por Egreja Filho, 1993), após três ou quatro anos de aplicações do composto na dose de 100 t ha^{-1} e, no caso dos outros micronutrientes, prazos maiores seriam necessários. Por isso, o monitoramento dos teores de micronutrientes no composto e das doses aplicadas é importante para prevenir a contaminação do solo.

Os teores totais de Ni aumentaram linearmente ($\hat{Y} = 20,8063 + 0,1305x$, $R^2 = 0,95$) apenas na ausência de adubo mineral e estão na faixa considerada comum para solos (abaixo de 40 mg kg^{-1}), segundo Lindsay (1979), citado por Egreja Filho (1993).

Teores de Fe, Mn, Zn e Ni extraídos com DTPA no solo

O conteúdo de Zn extraído com DTPA aumentou em função das doses de composto, e os de Mn e Fe diminuíram na presença de adubo mineral e não se alteraram na sua ausência (Quadro 1). Aumentos na quantidade de Zn e Ni extraídos com DTPA foram observados por Street et al. (1977) e Schauer et al. (1980), citados por Petruzzelli et al. (1989), como efeito da aplicação de lodo de esgoto ao solo.

É possível que a diminuição dos teores de Mn e Fe extraídos com DTPA com a aplicação do composto e na presença de adubo mineral se deva à formação de complexos muito estáveis desses metais com a matéria orgânica (Borkert, 1991). Essa diminuição não foi observada na ausência de adubo mineral, provavelmente pelos menores teores de Mn e Fe existentes nestas condições.

Houve elevação do conteúdo de Ni extraído com DTPA em função de doses aplicadas de composto, tanto na ausência como na presença de adubo mineral; no entanto, as quantidades extraídas foram muito menores que os teores totais e não causaram fitotoxidez nas plantas.

Observando os dados do quadro 1, constata-se que o aumento no conteúdo total dos micronutrientes não se refletiu na quantidade extraída com DTPA, exceto para o Zn.

Perfilhamento e produção de matéria seca

O perfilhamento do sorgo foi influenciado apenas pela adubação mineral, não sendo afetado por doses de composto. Na presença de adubo mineral, as plantas produziram de três a quatro perfilhos e, em sua ausência, não perfilharam. A produção de matéria seca de sorgo aumentou com a dose de composto, porém, esse efeito foi significativo somente na ausência de adubação mineral (Figura 2). Apesar

de o composto ter aumentado a produção de matéria seca na parte aérea, seu efeito foi menor que o da adubação mineral, concordando com resultados de Ryan et al. (1985), citados por Costa et al. (1992), que verificaram menor eficiência do composto em comparação à fertilização mineral com N, P e K em cultivo de ciclo curto.

A menor eficiência do composto pode ser explicada pelo fato de a maior proporção de N e P nele contido estar na forma orgânica, necessitando de mineralização para que esses nutrientes possam ser utilizados pelas plantas (Costa et al., 1992). Além disso, os baixos teores de K no composto também podem ter limitado o crescimento das plantas. Deve-se atentar para o fato de que os aumentos expressivos de nutrientes no solo em função de doses do composto (Figura 1), principalmente de P resina, foram observados no final do experimento, ou seja, aproximadamente 140 dias após a adição do composto. Esse tempo permitiu a mineralização de parte do P orgânico aplicado, o que não significa que a quantidade liberada tenha atendido às necessidades das plantas. O mesmo fato deve ter ocorrido com o N, levando a um menor desenvolvimento das plantas. Ao utilizar o composto, deve-se levar em conta a necessidade de um período suficientemente longo, para que ocorra a mineralização dos nutrientes, ou de uma frequência de aplicação, que eleve seu efeito residual.

Quantidade acumulada de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Ni nas plantas de sorgo

As quantidades acumuladas de K, Ca, Mg e Zn nas plantas aumentaram em função de doses do composto, independentemente da presença ou não de adubação mineral (Quadro 2). A quantidade acumulada de P não foi afetada pelas doses do composto, e as de Fe e Mn aumentaram na ausência de adubação mineral e diminuíram na sua presença.

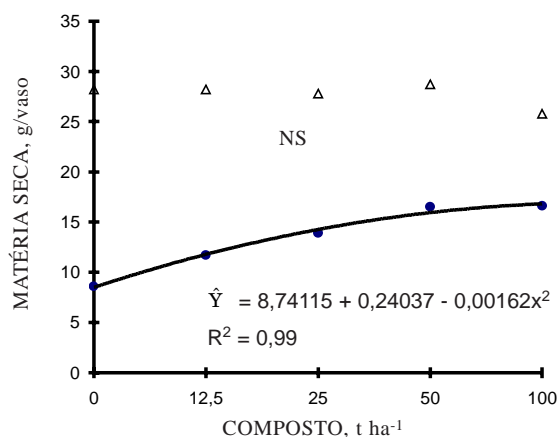


Figura 2. Produção de matéria seca de plantas de sorgo em função de doses do composto de lixo urbano, na presença (Δ) e na ausência (●) de adubação mineral.

Quadro 2. Efeito do composto de lixo urbano na quantidade acumulada de macro e micronutrientes da parte aérea de plantas de sorgo, na ausência e na presença de adubação mineral

Composto	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
t ha ⁻¹	mg/vaso						
Ausência de adubação mineral⁽¹⁾							
0	2,3	120,4	38,6	25,4	1,86	0,83	0,38
12,5	2,3	157,7	59,2	33,5	2,41	1,03	0,43
25,0	3,4	178,4	73,5	38,9	2,92	1,29	0,61
50,0	5,8	228,3	80,8	38,1	3,41	1,49	0,66
100,0	3,6	326,7	101,1	34,8	4,53	1,75	0,81
Presença de adubação mineral⁽¹⁾							
0	35,2	573,0	138,1	64,4	9,84	15,90	1,24
12,5	34,4	584,3	156,4	71,4	7,91	17,65	1,43
25,0	33,4	584,3	181,5	73,1	8,37	15,32	1,60
50,0	33,4	668,1	199,1	76,0	7,36	12,52	1,90
100,0	31,0	614,7	213,2	69,3	5,83	9,06	2,07
F							
A ⁽²⁾	965,94**	447,22**	427,98**	396,38**	146,54**	579,72**	316,02**
C	0,58 ^{ns}	6,23**	21,67**	5,07**	0,45 ^{ns}	6,52**	14,13**
AXC	1,36 ^{ns}	2,43 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,26 ^{ns}	7,51**	9,64**	1,69 ^{ns}
C.V. (%)	16,56	14,91	13,17	11,40	23,20	21,90	17,13

⁽¹⁾ Adubação mineral realizada com solução nutritiva. ⁽²⁾ Significância pelo teste F: ** e ^{ns} significativo a 1% e ^{ns} não-significativo, respectivamente.

A= fator adubação mineral; C = fator dose de composto e AXC = interação dos fatores.

As quantidades acumuladas de Fe, Mn e Zn na planta acompanharam os teores extraídos do solo com solução de DTPA (Quadro 1), pois houve diminuição das quantidades de Fe e de Mn na presença de adubação mineral (apesar de ter havido aumento nos teores totais desses elementos no solo) e aumento da quantidade de Zn em função de doses de composto, com as plantas, provavelmente tendo mais Zn e menos Fe e Mn à disposição para serem absorvidos. Trindade et al. (1996) obtiveram resultados semelhantes, constatando menor absorção de Mn pelas plantas adubadas com composto de lixo, ao mesmo tempo em que o teor total desse elemento no solo havia aumentado.

Segundo Dechen et al. (1991), a variação no conteúdo de micronutrientes das plantas é grande por causa da influência de diversos fatores, sendo os valores geralmente encontrados na matéria seca da ordem, em mg kg⁻¹, de 20 a 50 para o Zn; de 10 a 20, para o Mn, e em torno de 100, para o Fe. Comparando esses valores com os obtidos no experimento, os quais, convertidos para mg kg⁻¹, apresentaram variação de 40 a 92, para o Zn; de 96 a 719, para o Mn, e de 220 a 413, para o Fe, verificou-se que eles foram mais elevados do que os citados por aqueles autores.

O níquel não foi detectado na parte aérea das plantas, tanto na ausência como na presença de adubação mineral, e mesmo na dose mais elevada do composto.

CONCLUSÕES

1. O composto aumentou a produção de matéria seca do sorgo na ausência de adubação mineral; esta, contudo, promoveu maior aumento de produção e perfilhamento das plantas.

2. Na parte aérea do sorgo não foi detectada a presença de Ni e a quantidade acumulada dos micronutrientes Fe, Mn e Zn aumentou com as doses do composto, na ausência de adubo mineral.

3. A aplicação do composto de lixo promoveu aumento dos valores de pH, matéria orgânica, bases trocáveis, P resina e CTC do solo, reduzindo a acidez potencial (H + Al).

4. Os teores totais de Fe, Mn e Zn no solo relacionaram-se significativamente e positivamente com as doses de composto aplicadas, mas não atingiram níveis considerados excessivos. O teor total de Ni foi influenciado apenas na ausência de adubo mineral.

5. Os teores de Zn e Ni extraídos com DTPA aumentaram com as doses do composto, enquanto os de Mn e Fe não foram alterados na ausência de adubo mineral e diminuíram na sua presença.

LITERATURA CITADA

- ALVES, W.L. Compostagem e vermicompostagem no tratamento de lixo urbano. 2.ed. Jaboticabal, FUNEP, 1998. 53p.
- BAKER, D.E. & AMACHER, M.L. Nickel, copper, zinc and cadmium. 2.ed. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H. & KEENEY, D.R., eds. Methods of soil analysis. Part 2. Madison, American Society of Agronomy, 1982. p.323-335.
- BORKERT, C.M. Manganês. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1., Piracicaba, POTAFOS/CNPq, 1991. p.173-189.
- CABRERA, F.; DIAZ, E. & MADRID, L. Effect of using urban compost as manure on soil contents of some nutrients and heavy metals. J. Sci. Food Agric., 47:159-169, 1989.
- CHANDER, K. & BROOKES, P.C. Effects of heavy metals from past applications of sewage sludge on microbial biomass and organic matter accumulation in a sandy loam and silty loam U.K. soil. Soil Biol. Biochem., 23:927-932, 1991.
- COKER, E.G. & MATTHEWS, P.J. Metals in sewage sludge and their potential effects in agriculture. Water Sci. Tech., 15:209-225, 1983.
- COLLIER, L.S.; VELLOSO, A.C.X. & AMARAL SOBRINHO, N.M.B. Distribuição de metais pesados em solo glei tratado com composto de resíduo urbano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. Resumo expandido... Rio de Janeiro, SBCS, 1997. CD-Rom
- COSTA, F.; HERNANDEZ, T.; GARCIA, C.; AYUSO, M.; PASCUAL, J.A. & APOLO, A. Efecto residual de diferentes resíduos orgânicos sobre um cultivo de cebada. Suelo Planta, 2:593-603, 1992.
- COSTA, C.A.; CASALI, V.W.D.; LOURDES, E.G.; CECON, P.R. & JORDÃO, C.D. Teor de metais pesados em alface (*Lactuca sativa* L.) adubada com composto orgânico de lixo urbano. R. Ceres, 41:629-640, 1994.
- DECHEN, A.R.; HAAG, H.P. & CARMELLO, Q.A. Diagnose visual. In: FERREIRA, M.E. & PESSOA DA CRUZ, M.C., eds. Micronutrientes na agricultura. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1., Piracicaba, 1991. Anais. Piracicaba, POTAFOS/CNPq, 1991. p.273-288.
- EGREJA FILHO, F.B. Avaliação da ocorrência e distribuição química de metais pesados na compostagem do lixo domiciliar urbano. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1993. 176p. (Tese de Mestrado)
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Hazardous waste land treatment. Cincinnati, 1983. p.198-281.
- GROSSI, M.G.L. Avaliação da qualidade dos produtos obtidos de usinas de compostagem brasileiras de lixo doméstico através de determinação de metais pesados e substâncias orgânicas tóxicas. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1993. 222p. (Tese de Doutorado)
- HERNÁNDEZ, T.; GARCIA, C.; COSTA, F.; VALERO, J.A. & AYUSO, M. Utilization of municipal waste as organic fertilizers. Suelo Planta, 2:373-383, 1992.
- HERNANDO, S.; LOBO, M.C. & POLO, A. Effect of the application of a municipal refuse compost on the physical and chemical properties of a soil. Sci. Total Environ., 81:589-596, 1989.
- HORTENSTINE, C.C. & ROTHWELL, D.F. Use of municipal compost in reclamation of phosphat-mining sand tailings. J. Environ. Qual., 1:415-418, 1972.
- HORTENSTINE, C.C. & ROTHWELL, D.F. Pelletized municipal refuse compost as a soil amendment and nutrient source for sorghum. J. Environ. Qual., 2:343-345, 1973.
- JARDIM, N.S.; WELLS, C.; PRANDINI, F.L.; ALMEIDA, M.L.O & MANO, V.G.T. Lixo municipal: Manual de gerenciamento integrado. São Paulo, IPT/CEMPRE, 1995. 278p.
- KIEHL, E.J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba, CERES, 1985. 492p.
- LINDSAY, W.L. & NORWELL, W.A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Am. J., 42:421-428, 1978.
- MAZUR, N.; SANTOS, G.A. & VELLOSO, A.C.X. Efeito do composto de resíduo urbano na disponibilidade de fósforo em solo ácido. R. Bras. Ci. Solo, 7:153-156, 1983.
- NAKAGAWA, J. Compostagem: obtenção e uso. In: GUERRINI, I.E. & BULL, L.T., eds. ENCONTRO SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO - problemas e soluções., 1., Botucatu, 1992. Anais. Botucatu, FEPAP, 1992. p.159-187.
- PEREIRA NETO, J.T. On the treatment of municipal refuse and sewage sludge using aerated static pile composting: a low technology approach. Leeds, Universidade de Leeds, 1987. 276p. (Tese de Doutorado)
- PETRUZZELLI, G.; LUBRANO, L. & GUIDI, G. Uptake by corn and chemical extractability of heavy metals from a four year compost treated soil. Plant Soil, 116:23-27, 1989.
- PURVES, D. & MACKENZIE, J.E. Effects of applications of municipal compost on uptake of copper, zinc and boron by garden vegetables. Plant Soil, 39:361-371, 1973.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S. & BATAGLIA, O.C. Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
- SIMEONI, L.A.; BARBARICK, K.A. & SABEY, B.R. Effect of a small-scale composting of sewage sludge on heavy metal availability to plants. J. Environ. Qual., 13:264-268, 1984.
- STEVENSON, F.J. Humus chemistry. New York, John Wiley, 1982. 443p.
- TRINDADE, A.V.; VILDOSO, C.I.A.; MUCHOVEJ, R.M.C. & COSTA, L.M. Interação de composto de lixo urbano e fungos micorrízicos na nutrição e crescimento do milho. R. Bras. Ci. Solo, 20:199-208, 1996.