

TEORES DE METAIS TÓXICOS NAS FOLHAS DE PLANTAS DE MILHO FERTILIZADAS COM LODO DE CURTUME¹

Eli Regina Barboza de Souza², Jácomo Divino Borges², Wilson Mozena Leandro², Juarez Patrício de Oliveira Júnior², Itamar Pereira de Oliveira³, Paulo Alcanfor Ximenes², Maurízia de Fátima Carneiro⁴ e Rosana Gonçalves Barros²

ABSTRACT

LEVELS OF TOXIC METALS IN THE LEAVES OF MAIZE FERTILIZED WITH TANNING RESIDUE

In this study, were measured levels of the toxic metals Cr, Cd, Ni, and Pb in leaf tissues, as well as the green matter yield of the aerial part of maize plants. The plants were grown in pots with a soil substrate (Oxisol), fertilized with tanning residue, in doses of zero (control), 113.1 mL (36 m³.ha⁻¹), 226.2 mL (72 m³.ha⁻¹), 452.4 mL (144 m³.ha⁻¹), and 904.8 mL (288 m³.ha⁻¹) per pot, with mineral fertilizer only, and with the combination of mineral fertilizer and tanning residue. The treatments were applied in four replications in greenhouse conditions, in the period of August to November 2003, in Santo Antônio de Goiás, Brazil. The tanning residue was added to the soil twenty days before sowing and the mineral fertilizer NPK 4-30-16 + Zn (1.256 g per pot, or 400 kg.ha⁻¹) was added during the sowing of the corn hybrid BR 205. The mean levels of toxic metals Cr, Cd, Ni, and Pb obtained in the leaves fifty days after emergence were below or within acceptable limits for these tissues. The largest levels of Cr (0.147 mg.dm⁻³) were usually observed in the treatments with the largest doses of the tanning residue. The aerial part green matter of the corn plants increased with increased doses of the residue. The addition of tanning residue to the substrate, in different doses as a source of nutrients for maize, presented promising results.

KEY WORDS: plant nutrition, toxic metals, industrial residue, green matter.

INTRODUÇÃO

No Brasil, boa parte dos resíduos gerados pelas indústrias de processamento e transformação são descartados em aterros sanitários, podendo resultar em alto risco para o ambiente, pois neste sistema grandes quantidades de resíduos indesejáveis podem ser concentradas em uma área limitada. Uma das

RESUMO

Nesta pesquisa foram avaliados os teores dos metais tóxicos Cr, Cd, Ni e Pb, nos tecidos foliares, e a produção de fitomassa verde da parte aérea em milho. As plantas foram cultivadas em vasos com substrato de solo (Latossolo Vermelho), fertilizadas com lodo de curtume nas doses: zero (testemunha), 113,1 mL (36 m³.ha⁻¹), 226,2 mL (72 m³.ha⁻¹), 452,4 mL (144 m³.ha⁻¹) e 904,8 mL (288 m³.ha⁻¹) por vaso, apenas com adubo químico, e com o adubo associado ao lodo de curtume. Os sete tratamentos foram aplicados em quatro repetições, sob condições de estufa, no período de agosto a novembro de 2003, em Santo Antônio de Goiás, GO. O lodo de curtume foi incorporado ao solo vinte dias antes da sementeira e o adubo químico NPK 4-30-16 + Zn (1,256 g por vaso, ou 400 kg.ha⁻¹) foi adicionado na operação de sementeira do milho híbrido BR 205. Os teores médios dos metais tóxicos Cr, Cd, Ni e Pb, obtidos nas folhas das plantas, aos cinquenta dias após a emergência, estiveram dentro dos limites toleráveis nestes tecidos. Os maiores teores de Cr (0,147 mg.dm⁻³) foram observados nos tratamentos com as maiores doses do lodo de curtume. Houve incremento da fitomassa verde da parte aérea das plantas com o aumento das doses do lodo. A adição do lodo de curtume no substrato, em diferentes doses, como fonte de nutrientes para plantas de milho, apresentou resultados agrônomicos promissores.

PALAVRAS-CHAVE: nutrição de plantas, metais tóxicos, resíduo industrial, fitomassa.

alternativas para o descarte de alguns resíduos é o seu uso agrônomico, pelas ações corretiva e fertilizante que estes podem apresentar. Além disso, a diversidade da macro, meso e microbiota existente no solo é capaz de decompor os resíduos, contribuindo, assim, para minimizar os prejuízos ao ambiente. Neste contexto, a utilização do solo como depurador da carga orgânica é recomendável, em

1. Trabalho recebido em fev./2004 e aceito para publicação em jul./2005 (registro nº 581).

2. Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Caixa Postal 131, CEP 74001-970, Goiânia, GO. E-mails: eliregina.souza@pop.com.br; jacomob@agro.ufg.br

3. Embrapa Arroz e Feijão. Caixa Postal 179, CEP 75375-000, Santo Antônio de Goiás, GO.

4. Agência Goiana de Desenvolvimento Agrário e Fundiário (AgênciaRural), CEP 74.705-010, Goiânia, GO.

decorrência dos mecanismos intrínsecos à sua organização, baseados em uma perfeita interação da atividade biológica e propriedades físico-químicas (Borges 2003).

O tipo de couro a ser processado, o sistema de tratamento adotado e a tecnologia empregada no curtimento influenciam diretamente nas características do resíduo produzido na indústria de curtume (Borges 2003). O lodo de curtume, mesmo após o tratamento recebido na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), contém consideráveis cargas orgânicas e inorgânicas, como ácidos, fenóis, sulfatos, sulfetos e, principalmente, o metal tóxico cromo, que é utilizado durante o processo de curtimento.

O cromo encontrado no lodo de curtume apresenta-se na forma trivalente, considerada essencial para a nutrição humana, sendo de pouca mobilidade no solo. No entanto, este elemento possui uma complexa dinâmica no solo e, em determinadas condições, pode oxidar-se à forma hexavalente, muito móvel no solo e tóxica para as plantas, animais e seres humanos (Castilhos 1998).

No lodo de curtume podem ser encontrados alguns elementos que são nutrientes para as plantas, como nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre. Devido à natureza protéica dos constituintes do lodo, elementos como nitrogênio, fósforo e enxofre devem ser mineralizados para tornarem-se disponíveis para as plantas. Em experimentos realizados na Itália, com as culturas de milho, trigo e arroz, verificou-se que não houve diferenças de rendimentos na produtividade destas culturas entre os tratamentos com fertilizante mineral e a aplicação de 40 Mg.ha⁻¹ de lodo de curtume, contendo 2,23% de cromo (Jost 1989).

As exigências nutricionais do milho, quanto aos elementos químicos no solo, objetivando a produção comercial de grãos ou de fitomassa para usos diferenciados, de acordo com Malavolta (1980), são: N (305 kg.ha⁻¹), P (56 kg.ha⁻¹), K (257 kg.ha⁻¹), Ca (16 kg.ha⁻¹), Mg (14 kg.ha⁻¹), S (14 kg.ha⁻¹), B (80 g.ha⁻¹), Cl (36.000 g.ha⁻¹), Cu (181 g.ha⁻¹), Fe (1.874 g.ha⁻¹), Mn (767 g.ha⁻¹), Mo (4,0 g.ha⁻¹) e Zn (544 g.ha⁻¹).

O aproveitamento do lodo de esgoto foi estudado por Silva *et al.* (2000) que, cultivando milho por três anos em solo de Cerrado, avaliaram os tratamentos: testemunha (sem insumos), adubação química (0 kg.ha⁻¹, 115 kg.ha⁻¹, 230 kg.ha⁻¹ e 460 kg.ha⁻¹ de P₂O₅), em cada ano de cultivo, e aplicação de 54 Mg.ha⁻¹, 108 Mg.ha⁻¹ e 216 Mg.ha⁻¹ de lodo de esgoto úmido (11,11% de material seco e 0,44% de P₂O₅), apenas no primeiro ano de cultivo. Ao final da

terceira colheita, as produtividades obtidas nos tratamentos com lodo de esgoto que receberam 54 Mg.ha⁻¹ e 108 Mg.ha⁻¹ foram equivalentes às produtividades dos tratamentos com adubação química, destacando-se a produtividade do tratamento com 216 Mg.ha⁻¹ de lodo de esgoto, que foi superior aos demais, evidenciando o efeito residual do lodo.

A produção de fitomassa de plantas de milho, cultivadas em Argissolo e Espodossolo, corrigidos para pH próximo à neutralidade e tratados com lodo de esgoto (base seca), nas doses, zero (testemunha), 10 Mg.ha⁻¹, 20 Mg.ha⁻¹, 30 Mg.ha⁻¹, 40 Mg.ha⁻¹ e 60 Mg.ha⁻¹, foram estudadas por Barros *et al.* (2002). Estes autores constataram que a fitomassa seca da parte aérea das plantas foi influenciada positivamente, tendo sido crescente com as doses do lodo de esgoto, em ambos os solos. Konrad & Castilhos (2002), adicionando lodo de curtume com cromo, nas doses de 13,8 Mg.ha⁻¹ e 27,6 Mg.ha⁻¹ + PK + calcário, adicionadas em um Planossolo Hidromórfico Eutrófico Solódico, constataram que o rendimento de fitomassa seca foi semelhante ao obtido no tratamento NPK + calcário, na dose recomendada para a cultura do milho.

O cromo, na dose de 37,3 mg.kg⁻¹, presente em 4,4 Mg de resíduo de rebaixadeira e 3,8 Mg de aparas de couro, adicionado ao substrato contido em vasos cultivados com trigo, foi avaliado por Castilhos *et al.* (2002), em estruturas da parte aérea das plantas.

Borges (2003), estudando os efeitos do lodo de curtume e de seus componentes fertilizantes no desenvolvimento, na produção de fitomassa verde, de fitomassa seca e de grãos em plantas de milho, cultivadas em um Latossolo Vermelho-Amarelo, verificou que a associação lodo de curtume (144.000 L.ha⁻¹) e adubação química (400 kg.ha⁻¹ de NPK 4-30-16 + Zn), proporcionou resultados favoráveis para a produção da cultura do milho, em todas as variáveis analisadas, sugerindo que esta forma de uso do lodo de curtume é viável, podendo substituir, em parte, o adubo químico.

As formas de disposição de resíduos industriais e urbanos no solo têm sido uma preocupação constante, em função dos teores de metais tóxicos que contêm e do potencial contaminante e poluidor destes no ambiente. Assim, Rodrigues *et al.* (1993) propuseram os seguintes valores limites de metais tóxicos para aplicação no solo de cultivo, analisados pelo método de HNO₃-HClO₄ (180°C): Cd (2,5 mg.kg⁻¹), Cr (500 mg.kg⁻¹), Cu (140 mg.kg⁻¹), Ni (35 mg.kg⁻¹), Pb (500 mg.kg⁻¹) e Zn (280 mg.kg⁻¹). A

quantidade máxima cumulativa pode atingir até o dobro destes valores.

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar a translocação e os teores dos metais cromo, cádmio, chumbo e níquel, em folhas de plantas jovens de milho, híbrido BR 205, adicionados ao substrato de cultivo pela incorporação do lodo de curtume, em diferentes dosagens.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação instalada na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, unidade Arroz e Feijão (Embrapa Arroz e Feijão), no município de Santo Antônio de Goiás, GO, nas coordenadas 16°27' de latitude S e 49°17' de longitude W Gr., e 823 m de altitude.

O cultivo foi realizado em colunas (tubos de PVC) com 100 cm de altura e 20 cm de diâmetro, dispostos em dez linhas, cada qual com seis colunas, espaçados 70 cm entre linhas e entre tubos na linha, fixados em suporte de madeira. Internamente, os tubos foram revestidos com sacos plásticos transparentes de 0,20 mm de espessura, para evitar a drenagem e a conseqüente exportação de nutrientes para o meio externo.

Os tubos foram preenchidos com Latossolo Vermelho retirado na área interna de uma formação vegetacional natural de cerrado na Fazenda Capivara (Embrapa Arroz e Feijão), abrindo-se um perfil até a profundidade de um metro, considerando-se as camadas de 18 cm em 18 cm. O solo coletado foi colocado nos vasos em camadas, conforme a seqüência em que estas foram retiradas no ambiente natural. Dessa forma, a densidade natural do substrato (solo) foi mantida nos vasos. As amostras de solo, para as análises químicas, foram retiradas nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm.

O lodo de curtume caracteriza-se por apresentar pH 8,1, e os seguintes teores: para alumínio, 2,10%; fósforo total, 215 mg.dm⁻³; nitrogênio total, 2,79%; cálcio, 12,3 mg.dm⁻³; potássio, 1.090 mg.dm⁻³; manganês, 490 mg.dm⁻³; ferro total, 1.070 mg.dm⁻³; cobre, 9,4 mg.dm⁻³; e cromo total, 5.050 mg.dm⁻³. O formulado NPK 04-30-16 + Zn apresentou 5,1% de N, 29,2% de P₂O₅, 26,2% de K₂O (solúvel) e 0,28% de Zn. Embora, nesta pesquisa, não tenham sido determinados os teores de metais tóxicos (Cr, Cd, Ni e Pb), tais determinações são recomendadas em estudos desta natureza.

Foi determinada, em cada camada, a umidade do substrato antes deste ter sido colocado nos tubos, para mantê-la constante durante a condução do experimento; ou seja, a reposição de água no substrato dos tubos somente foi realizada para repor as perdas provocadas por evaporação ou quando retirada pelas plantas. Após as camadas de solo terem sido colocadas nos tubos, mantendo a mesma densidade e obedecendo a mesma sobreposição natural, sempre que constatava o déficit de umidade nas camadas superiores, fazia-se a reposição de água por meio de irrigação.

Foram considerados sete tratamentos, como seguem: 1) testemunha absoluta; 2) 36 m³.ha⁻¹ de lodo de curtume (113,1 mL por vaso); 3) 72 m³.ha⁻¹ de lodo de curtume (226,2 mL por vaso); 4) 144 m³.ha⁻¹ de lodo de curtume (452,4 mL por vaso); 5) 288 m³.ha⁻¹ de lodo de curtume (904,8 mL por vaso); 6) 400 kg.ha⁻¹ do formulado (NPK) 04-30-16 + Zn (1,256 mL por vaso); 7) 144 m³.ha⁻¹ de lodo de curtume (452,4 mL por vaso) + 400 kg.ha⁻¹ de (NPK) 04-30-16 + Zn (1,256 g por vaso). As doses do lodo de curtume e a dose do adubo químico foram definidas conforme preconizou Borges (2003).

A calagem, nos tratamentos 6 e 7, foi realizada aos 30 dias antes da semeadura, em 20 de agosto de 2003, tendo sido usado calcário dolomítico, na dosagem de 5,38 Mg.ha⁻¹ ou 16,90 g, por vaso. A decisão sobre realizar-se a calagem somente nestes tratamentos decorreu da necessidade de corrigir a acidez do solo, conforme os resultados da sua análise química, e, também, por não haver necessidade da calagem nos tratamentos com adição de lodo de curtume, em conseqüência deste resíduo apresentar pH alcalino (Borges 2003).

O lodo de curtume usado nesta pesquisa foi obtido na empresa Fuga Couros Ltda., estabelecida no município de Hidrolândia, GO, após ter sido tratado na Estação de Tratamento de Efluentes da empresa. Este resíduo, nas respectivas dosagens estabelecidas, foi adicionado ao substrato dos vasos aos vinte dias antes da semeadura.

A semeadura consistiu da colocação de duas sementes do milho híbrido BR 205 por vaso, objetivando garantir a manutenção de apenas uma planta por vaso, tendo sido eliminadas as plantas em excesso, aos sete dias após a emergência (DAE). A adubação química, nos tratamentos 6 e 7, foi aplicada simultaneamente à semeadura, colocando-se o adubo abaixo e ao lado das sementes, em 19 de setembro de 2003.

Os tratamentos fitossanitários foram realizados quando necessários e a adubação de cobertura foi adicionada aos 30 DAE, usando-se 40 kg.ha⁻¹ (0,13 g por vaso) de uréia agrícola, com 44,8% de N, em todos os tratamentos, exceto na testemunha.

A fitomassa verde da parte aérea das plantas de milho foi obtida aos 50 DAE, tendo estas sido cortadas à altura do colo, e pesadas individualmente logo em seguida, em balança de precisão, com escala em gramas. Após esta operação, foram coletadas folhas da região mediana das plantas de milho, em cada tratamento, separadas por repetição, lavadas com água destilada, colocadas em sacos de papel e transportadas para o laboratório, para secagem em estufa a 70°C e posteriores análises químicas de seus elementos.

As análises químicas do solo foram realizadas em amostras coletadas antes da adição do lodo de curtume e do adubo químico. As análises foliares e do lodo de curtume, para a determinação dos teores de metais tóxicos, foram realizadas por absorção atômica (método AA), com limite de detecção de 0,01 mg.dm⁻³, em conformidade com as orientações preconizadas pela Embrapa (1997).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos e quatro repetições. Os dados de teores dos elementos químicos analisados, no solo e nas folhas, foram correlacionados entre si, por meio de análise de correlação de Pearson.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de pH, umidade, teores de matéria orgânica do solo e teores de cobre, ferro, manganês, zinco, cromo, cádmio, níquel e chumbo, no solo e no lodo de curtume, resultantes das análises laboratoriais, constam da Tabela 1. No solo, os teores determinados para o cromo encontraram-se abaixo da amplitude média dos solos de várias regiões do mundo (7,0 mg.dm⁻³ a 221 mg.dm⁻³), conforme Kabata-Pendias & Pendias (1984) e Silva (1989).

Os metais cádmio, níquel e chumbo apresentaram baixos teores nas folhas das plantas de milho, confirmando os resultados analisados no solo (substrato) e no lodo de curtume, não tendo sido constatadas diferenças significativas entre os teores para um mesmo elemento nos diferentes tratamentos (Tabela 2). No tratamento 7 (452,4 mL de lodo de curtume + 1,256 g de NPK 4-30-16 + Zn, por vaso), o teor de cromo foi superior à maioria dos tratamentos,

Tabela 1. Características e teores médios de elementos químicos do solo¹, nas camadas de 0-20 cm e de 20-40 cm, e do lodo de curtimento de couro coletado após tratamento em Estação de Tratamento de Efluentes (ETE - empresa Fuga Couros Ltda.), no município de Hidrolândia, GO, em 2003 (médias de quatro repetições)

Parâmetro	Análises do lodo de curtume		Análises do solo		
	Unidade	Resultado	Profundidade	Unidade	Resultado
pH (CaCl ₂)	-	8,0	0-20 cm	-	4,525
			20-40 cm	-	4,750
Matéria orgânica	g.dm ⁻³	200,0	0-20 cm	g.dm ⁻³	11,500
			20-40 cm	g.dm ⁻³	9,500
Umidade	%	90,8	0-20 cm	-	-
			20-40 cm	-	-
Cobre	mg.dm ⁻³	9,4	0-20 cm	µmol.dm ⁻³	9,0
			20-40 cm	µmol.dm ⁻³	7,0
Ferro	mg.dm ⁻³	1.070,0	0-20 cm	µmol.dm ⁻³	865,0
			20-40 cm	µmol.dm ⁻³	518,0
Manganês	mg.dm ⁻³	490,0	0-20 cm	µmol.dm ⁻³	52,0
			20-40 cm	µmol.dm ⁻³	17,0
Zinco	-	-	0-20 cm	µmol.dm ⁻³	12,0
			20-40 cm	µmol.dm ⁻³	6,0
Cromo	mg.dm ⁻³	5.050,0	0-20 cm	mg.dm ⁻³	0,050
			20-40 cm	mg.dm ⁻³	0,038
Cádmio	mg.dm ⁻³	< 1,0	0-20 cm	mg.dm ⁻³	0,010
			20-40 cm	mg.dm ⁻³	0,010
Níquel	mg.dm ⁻³	< 2,0	0-20 cm	mg.dm ⁻³	0,010
			20-40 cm	mg.dm ⁻³	0,010
Chumbo	mg.dm ⁻³	< 2,0	0-20 cm	mg.dm ⁻³	0,010
			20-40 cm	mg.dm ⁻³	0,010

¹- Amostras coletadas antes de aplicar o lodo de curtume e o adubo químico no solo.

excetuando-se os tratamentos 2 (113,1 mL por vaso de lodo de curtume) e 5 (904,8 mL por vaso de lodo de curtume). Nestes dois últimos tratamentos, os teores de cromo só apresentaram diferenças significativas quando comparados com os resultados obtidos nos tratamentos 3 (226,2 mL por vaso de lodo de curtume) e 1 (testemunha absoluta); este com o

Tabela 2. Teores médios¹ dos metais tóxicos (mg.dm⁻³) e da fitomassa (g) obtidos nas folhas de plantas de milho fertilizadas com diferentes doses de lodo de curtume e de adubo químico, cultivadas em vasos sob condições de estufa (médias de quatro repetições)

Tratamentos ²	Cr	Cd	Ni	Pb	Fitomassa da parte aérea
1	0,047 e	0,010 a	0,012 a	0,012 a	36,17 e
2	0,130 abc	0,012 a	0,015 a	0,012 a	55,91 e
3	0,105 d	0,010 a	0,012 a	0,012 a	129,24 d
4	0,117 bcd	0,010 a	0,020 a	0,017 a	183,30 cd
5	0,132 ab	0,010 a	0,010 a	0,012 a	266,27 ab
6	0,107 cd	0,010 a	0,015 a	0,020 a	213,95 bc
7	0,147 a	0,010 a	0,017 a	0,012 a	274,57 a
C.V.(%)	9,31	18,24	30,41	45,61	14,90

¹- Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não são significativamente diferentes entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

²- 1: testemunha; 2: lodo de curtume (113,1 mL.vaso⁻¹); 3: lodo de curtume (226,2 mL.vaso⁻¹); 4: lodo de curtume (452,4 mL.vaso⁻¹); 5: lodo de curtume (904,8 mL.vaso⁻¹); 6) NPK 04-30-16 + Zn (1,256 g.vaso⁻¹); 7) lodo de curtume (452,4 mL.vaso⁻¹) + NPK 04-30-16 + Zn (1,256 g.vaso⁻¹).

menor teor de cromo, confirmando os resultados obtidos para este elemento, analisado previamente no solo usado como substrato.

Dado que os teores de metais tóxicos no adubo químico não foram determinados nesta pesquisa, em princípio, poder-se-ia levantar a hipótese de que os maiores níveis de Cr no tratamento 7 poderiam estar associados a alguma contaminação do adubo por esse elemento químico. Contudo, sob tal hipótese deve-se admitir, no mínimo, que este elemento foi potencializado pelo lodo de curtume adicionado ao formulado NPK, resultando no maior teor detectado nas folhas do milho (Tabela 2). Ademais, a hipótese não pode ser sustentada integralmente também porque o tratamento 6, que recebeu apenas o formulado químico, mostrou um nível médio de Cr inferior aos tratamentos 5 e 7, que receberam o lodo de curtume.

Segundo Kabata-Pendias & Pendias (1984), os valores normais de ocorrência do cromo em tecidos vegetais varia de $0,02 \text{ mg.dm}^{-3}$ a $2,00 \text{ mg.dm}^{-3}$, e Varo *et al.* (1980) indicam, para o cromo, teores variando de $0,06 \text{ mg.dm}^{-3}$ a $0,47 \text{ mg.dm}^{-3}$, nos tecidos de diferentes espécies vegetais. Os teores de cromo em estruturas da parte aérea de plantas de trigo, nos tratamentos testemunha, calcário + NPK e lodo de curtume contendo $37,3 \text{ mg.kg}^{-1}$, de acordo com Castilhos *et al.* (2002), não diferiram estatisticamente entre si. Os teores de cromo encontrados nesta pesquisa (Tabela 2) estão acima do limite inferior citado pelos primeiros autores, e dentro da faixa de variação apresentada por Varo *et al.* (1980).

Com relação à fitomassa verde da parte aérea das plantas de milho, indicativo do efeito nutricional proporcionado pela adição de adubo químico e de diferentes doses de lodo de curtume no substrato de cultivo, nota-se que esta variável foi influenciada positivamente, tendo seus valores sido crescentes com o aumento das doses do lodo (Tabela 2). Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Barros *et al.* (2002) e Konrad & Castilhos (2002), que observaram comportamento semelhante para a fitomassa da parte aérea de plantas de milho, fertilizadas com diferentes doses de lodo de esgoto.

Os tratamentos 5 (904,8 mL por vaso de lodo de curtume) e 7 (452,4 mL de lodo de curtume + 1,256 g de NPK 4-30-16 + Zn, por vaso) apresentaram os maiores valores para a fitomassa verde, que não diferiram significativamente entre si, ao nível de 5%, pelo teste Tukey (Tabela 2). Os valores de fitomassa nos tratamentos 1 (testemunha absoluta) e 2 ($36 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$) foram os menores dentre

todos os tratamentos, não sendo significativamente diferentes entre si, mas, estatisticamente distintos de todos os demais (Tukey a 5%).

Verifica-se que o valor médio absoluto da fitomassa verde, no tratamento 6 [1,256 g por vaso (400 kg.ha^{-1}) de NPK 04-30-16 + Zn], foi próximo ao obtido no tratamento 5, que recebeu a maior dose de lodo de curtume, mas sem a adição de calcário. Também, não foram constatadas diferenças significativas entre os valores da fitomassa verde registrados nos tratamentos 6 (adubação química) e 4 (452,4 mL de lodo de curtume por vaso), dose correspondente ao valor médio dentre as diferentes quantidades de lodo de curtume avaliadas nesta pesquisa. Esses valores confirmam os resultados obtidos por Borges (2003), que obteve valores semelhantes para a produção de fitomassa da parte aérea de plantas de milho, em tratamentos com lodo de curtume, formulado químico e associação destes em campo. Nesse estudo, o autor verificou, também, que o lodo de curtume promoveu a correção da acidez do solo, melhorando a absorção dos nutrientes pelas plantas.

Em síntese, a adição do lodo de curtume no substrato, em diferentes doses, como fonte de nutrientes para as plantas de milho (cultivadas em vasos), apresentou resultados semelhantes aos encontrados por Borges (2003). Revelou, também, ser vantajosa para a produção de fitomassa verde, quando os seus valores foram comparados aos obtidos no tratamento com adubação química. Deve-se considerar, ainda, que o produtor rural, estabelecido nas proximidades de indústrias de curtume de couro, pode obter esse resíduo sem qualquer ônus.

CONCLUSÕES

1. O lodo de curtume adicionado em substrato cultivado com plantas de milho mostrou ser uma importante fonte de nutrientes para o desenvolvimento das plantas, como se pôde constatar pela produção de fitomassa verde da parte aérea.
2. Nas condições da presente pesquisa, os teores de metais tóxicos (Cd, Cr, Ni e Pb), em folhas de plantas de milho, particularmente de cromo, estão dentro dos limites máximos toleráveis, segundo critérios técnicos atualmente estabelecidos.

REFERÊNCIAS

- Barros, D. A. S., J. S. Peixoto, C. W. A. Nascimento & E. E. C. Melo. 2002. Conteúdo de nitrogênio e produção de biomassa em milho e feijoeiro em solos submetidos a doses de lodo de esgoto. In Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 25. Reunião Brasileira sobre Micorrizas, 9; Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo, 7; Reunião Brasileira de Biologia do Solo, 4. Rio de Janeiro. 1 CD. Resumos.
- Borges, J. D. 2003. Efeitos do lodo de curtume nas culturas do milho (*Zea mays* L.) e do capim braquiarião [*Brachiaria brizanta* (Hochst ex A. Rick) Sapf.] cultivar Marandu em latossolo vermelho-amarelo. Tese de Doutorado em Agronomia. Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos. Goiânia, Goiás. 244 p.
- Castilhos, D. D. 1998. Alterações químicas e biológicas devidas à adição de resíduos de curtume e de cromo hexavalente ao solo. Tese de Doutorado em Ciência do Solo. Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 197 p.
- Castilhos, D. D., Tedesco, M. J. & Vidor, C. 2002. Rendimentos de culturas e alterações químicas do solo tratado com resíduo de curtume e crômio hexavalente. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 26(4): 1083-1092.
- Embrapa-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1997. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro. 241 p.
- Jost, P. T. 1989. Tratamentos de efluentes de curtumes. Senai, Rio de Janeiro. 185 p.
- Kabata-Pendias, A. & H. Pendias. 1984. Trace elements in soils and plants. CRC, Florida. 315 p.
- Konrad, E. E. & Castilhos, D. D. 2002. Alterações químicas do solo e crescimento do milho decorrentes da adição de lodos de curtume. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v. 26 (1): 257-265.
- Malavolta, E. 1980. Elementos de nutrição mineral de plantas. Ceres, São Paulo. 251 p.
- Rodrigues, A. L. M., M. C. M. Anghinoni, M. J. Tedesco & C. Gianello. 1993. Critérios técnicos para disposição no solo de resíduos sólidos de curtume. p. 115 - 118. In Congresso da União Internacional dos Químicos e Técnicos da Indústria do Couro, 22. Porto Alegre. 385 p. Resumos.
- Silva, S. 1989. Impiego agricolo dei residue di lavorazioni delle pelli. Piacenza, Facolta di Agréria dell Università Cattolica Del Sacro Cuore. 60 p.
- Silva, J. E., D. V. S. Resk. & R. D. Sharma. 2000. Alternativa agrônômica para o biossólido: a experiência de Brasília. p.143-151. In Bettiol, W. & O. A. Camargo (Coords.). Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna. 311 p.
- Varo, P., O. Lahelma, M. Nuurtamo, E. Saari & P. Koivistoinem. 1980. Mineral element composition of finnish food. *Acta Agriculturae Scandinavica*, suppl. 22, University of Helsinki, Finland. p. 235-242.