



Micronutrientes em Coprólitos de Minhocas Produzidos em um Latossolo Vermelho Distroférico sob Diferentes Sistemas de Manejo⁽¹⁾

M. L. C. BARTZ⁽²⁾, G. G. BROWN⁽³⁾, I. G. SOUZA JÚNIOR⁽⁴⁾ & A. C. S. COSTA⁽⁵⁾

RESUMO – Os coprólitos e galerias produzidos pelas minhocas modificam os atributos químicos do solo; embora pouco se conheça dos efeitos das minhocas exóticas comuns em agroecossistemas neotropicais sobre os atributos de solos altamente intemperizados típicos do 3º planalto paranaense. Desta forma, os efeitos de duas espécies de minhocas invasoras exóticas (*Pontoscolex corethrurus* e *Amyntas gracilis*) sobre os atributos de um Latossolo Vermelho distroférico, sob diferentes sistemas de manejo, foram avaliados em laboratório. Solo seco ao ar de uma mata nativa (MT), dois agroecossistemas de plantio direto (PD e PDS) e uma pastagem (PT) foram utilizados para o cultivo das minhocas e avaliados seus efeitos sobre os teores de micronutrientes. As minhocas foram incubadas em pequenas caixas por 76 dias, utilizando 75g de solo peneirado, umedecido a 75% da capacidade de campo e colocadas em uma sala de incubação escura com temperatura controlada. Os coprólitos das minhocas foram enriquecidos pelos micronutrientes Zn e Mn, mas tiveram teores mais baixos de Fe disponível. Os maiores enriquecimentos de micronutrientes nos solos da mata e da pastagem, ao invés dos agroecossistemas intensivos, onde a perturbação e impacto antrópico são maiores.

Introdução

A atividade biológica da macrofauna do solo, representada principalmente pelas minhocas, desempenha um papel importante na melhoria das condições do solo e muitos estudos com estes animais têm sido conduzidos desde Charles Darwin [1]. Os hábitos alimentares das diferentes espécies de minhocas influem nos efeitos sobre a fragmentação e incorporação da matéria orgânica dentro do solo e possuem efeitos positivos sobre a estrutura do solo, como a formação de agregados, poros e canais para aeração [2]. Shiptalo & Protz [3] descreveram como as minhocas podem diretamente promover a formação de microagregados orgânicos através da ingestão de solo e

matéria orgânica e como neste processo, os agregados pré-existentes são completamente destruídos pelos movimentos peristálticos do intestino das minhocas com a formação de novos microagregados. A passagem pelo intestino da minhoca permite uma íntima mistura dos minerais de argila e materiais orgânicos, os quais são incrustados por muco para produzir os novos microagregados.

Estudos conduzidos nos trópicos demonstram o benefício do efeito da produção de coprólitos das minhocas sobre a fertilidade do solo. Porém, são poucos e raros os estudos sobre a disponibilidade de micronutrientes nos coprólitos. A maior parte das informações disponíveis (em macronutrientes) está concentrada na análise de coprólitos coletados a campo e comparados com o solo adjacente [4; 5]. Mas poucos experimentos têm sido conduzidos sob condições controladas para confirmar estes resultados [6]. Como a atividade das minhocas já possui efeitos conhecidos sobre a fertilidade (pH, MO, CTC, SB, Ca, Mg, N, P, K) do solo através das atividades que exercem no solo (produção de coprólitos, construção de túneis e galerias) [7; 5], espera-se também que influencie os teores e conseqüentemente a disponibilidade dos micronutrientes. Este estudo teve como objetivo determinar as variações de micronutrientes em coprólitos, comparados ao solo original (controle), produzidos pelas espécies de minhocas *Pontoscolex corethrurus* Müller e *Amyntas gracilis* Kinberg, em um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes sistemas de manejo.

Palavras-Chave: (*Pontoscolex corethrurus*, *Amyntas gracilis*, fertilidade do solo).

Material e métodos

O solo utilizado no experimento foi um Latossolo Vermelho distroférico (LVdf). Foram coletados em torno 60 kg de solo em profundidade de 0-20 cm em uma mata nativa (MT) e quantidade similar em área de plantio direto consolidado a 34 anos com rotação de culturas (PD), plantio direto com 12 anos de idade com sucessão de culturas e subsolagens a cada 6 anos (PDS) e pastagem

⁽¹⁾ Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor

⁽²⁾ Mestre em Agronomia do Programa de Pós-graduação da Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Agronomia, Avenida Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, PR – bartzmarie@gmail.com

⁽³⁾ Pesquisador da Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira Km. 111, Caixa Postal: 319, 83411-000, Colombo, PR

⁽⁴⁾ Engenheiro Agrônomo da Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Agronomia, Avenida Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, PR

⁽⁵⁾ Professor Associado da Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Agronomia, Avenida Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, PR

estabelecida a 34 anos com *Brachiaria brizantha* (PT). As áreas localizam-se próximas umas às outras nos limites dos municípios de Rolândia e Arapongas, no estado do Paraná. Os solos foram secos ao ar e peneirados (4 mm). As duas espécies de minhocas selecionadas para o experimento são endogeicas: *P. corethrurus* (Pc) e *A. gracilis* (Ag) e foram coletadas em jardins no município de Rolândia. As minhocas foram cultivadas em laboratório para a obtenção dos coprólitos para as análises químicas. Foram colocados dois indivíduos adultos de cada espécie em caixas plásticas com tampa de 250 mL, contendo aproximadamente 75 g de solo úmido a 75% da capacidade de campo. Caixas controles sem minhocas também foram incubadas com solo de cada área. Cada tratamento teve seis repetições, totalizando 72 unidades de cultivo. As caixas foram mantidas no escuro, em uma sala de incubação com temperatura entre 25 e 27 °C. A cada 14 dias o solo das caixas foi trocado. Os coprólitos e o solo controle foram coletados periodicamente, pesados a fresco, secos a 50°C e pesados novamente. As seguintes análises químicas foram feitas (conforme metodologia da Embrapa [8]) nos coprólitos e solos controle (moídos e peneirados a 2 mm): pH (CaCl₂), carbono orgânico total (COT), zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn).

O dados foram submetidos a análise de variância (teste F) e a comparação de médias (teste Scott-Knott), a uma probabilidade de 5%. As análises estatísticas foram feitas utilizando os softwares SISVAR [9] e SAS [10].

Resultados e Discussão

O processo de produção dos coprólitos das minhocas *P. corethrurus* (Pc) e *A. gracilis* (Ag) teve efeito significativo ($p < 0,05$) sobre os teores de micronutrientes disponíveis [11] (Tabela 1).

Os teores de Zn disponível nos coprólitos foram maiores em todos os tratamentos (MT, PD, PDS e PT) para as duas espécies, sendo que os maiores aumentos ocorreram para a espécie *A. gracilis*. Estes aumentos foram observados por Ganeshamurthy et al. [12], Bansal & Kapoor [13] e Cheng & Wong [14] para as espécies *Dravida assamensis*, *Eisenia foetida* e *Pheretima* sp., respectivamente. Para Cheng & Wong [14], o aumento do teor de Zn disponível nos coprólitos é resultado de interações entre as minhocas e os microorganismos associados à matéria orgânica. A matéria orgânica, os óxidos de ferro e os minerais de argila influem na retenção do zinco no solo [15]. Nascimento & Fontes [16] observaram que a matéria orgânica possui elevada afinidade pelo zinco e observaram-se correlações positivas entre o teor de Zn nos coprólitos e o conteúdo de COT dos mesmos (Figura 1). Portanto, o incremento observado nos teores de C nos coprólitos (Tabela 1) pode ter favorecido a adsorção do micronutriente, aumentando os teores disponíveis (Figura 1). Os mesmos autores citam que o teor de argila do solo também está relacionado à adsorção de Zn.

Para os teores de Cu disponível, não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) nos tratamentos entre o solo controle e os coprólitos. Estes resultados diferem dos apresentados por Ganeshamurthy et al. [12], nos quais os coprólitos tiveram aumentos significativos nos teores de Cu disponível em comparação ao solo adjacente. Bansal & Kapoor [13], em um experimento para produção de vermicomposto com restos vegetais e esterco de gado utilizando a minhoca *Eisenia foetida*, mostraram a diminuição dos teores de Cu na maioria dos tratamentos. O cobre aparece no solo na forma complexada e os complexos orgânicos formados são relativamente mais abundantes que os inorgânicos. A associação do Cu com o material orgânico é supostamente maior em solos ricos em matéria orgânica. Os minerais da fração argila e a matéria orgânica são os componentes principais envolvidos na retenção do cobre no solo. Não é fácil discriminar o efeito de cada um, pois a matéria orgânica está intimamente ligada com os minerais, formando um complexo minerais de argila-metal-matéria orgânica. O cobre é também adsorvido por óxidos de ferro, como acontece com o zinco. Um ponto a ser destacado aqui também é a dependência da adsorção ao pH do meio. Aumentando o pH, aumenta a adsorção de cobre pelos óxidos [15].

Os teores de Fe disponível nos coprólitos não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) quando comparados ao solo controle nos tratamentos MT, PD e PDS; porém, foi possível observar uma tendência na diminuição dos teores de Fe disponível nos coprólitos das duas espécies. Isto se confirma no tratamento PT onde as diferenças foram significativas. Para as duas espécies, o teor de Fe diminuiu nos coprólitos em comparação ao solo controle. Ganeshamurthy et al. [12] apresentaram aumentos dos teores de Fe disponível, extraído em DTPA, até o sétimo dia de incubação e depois declínio até o final do período de incubação, que totalizou 28 dias. Neste mesmo trabalho, depois do sétimo dia de incubação, os teores de Fe disponível nos coprólitos foram menores do que os observados no solo adjacente. Os autores ressaltam a importância de que pelo menos em um dado período os teores de Fe são maiores nos coprólitos do que no solo adjacente. A ligação do ferro com a matéria orgânica é muito importante, uma vez que possibilita movimentação de ferro através do solo, inclusive em direção à raiz, e evita sua precipitação no pH em que normalmente aconteceria [15]. Entretanto, existem muito poucas evidências de que a complexação do ferro pela matéria orgânica do solo seja difundida [17]. A interação do Fe com minerais de argila se dá ocupando lugares de troca ou, como no caso da caulinita, se adsorvendo na superfície do tetraedro de sílica [15].

Ganeshamurthy et al. [12] descrevem o mesmo comportamento observado para os teores Fe disponível para os teores de Mn disponível. No presente experimento, os resultados obtidos para este micronutriente, com exceção do tratamento MT, mostram aumentos significativos ($p < 0,05$) nos coprólitos comparados ao solo controle. Schuman [18] destaca que o Mn disponível está associado à matéria orgânica que é responsável pelo fornecimento de micronutrientes para as plantas. Os

complexos orgânicos formados com o Mn são de pouca estabilidade que evidencia a pronta disponibilidade do elemento para o solo [19]. Outro fator que pode influenciar a disponibilidade do Mn é a alteração do pH do solo, pois seu aumento indisponibiliza o Mn para as plantas [20]. É conhecido o efeito das minhocas sobre o pH dos coprólitos produzidos, que geralmente tem seu valor aumentado [21] e, desta forma, deveria indisponibilizar Mn. Porém, não ocorreu neste trabalho, houve aumento nos teores de matéria orgânica e mesmo assim ocorreram incrementos nos teores de Mn disponível. É provável que este efeito esteja relacionado à associação de microorganismos no intestino da minhoca.

Langenbach et al. [11], inoculando minhocas da espécie *P. corethrurus* em um Argissolo durante 112 dias, verificaram uma grande variação nos teores de micronutrientes dos solos com e sem minhocas. Os teores de Fe foram até cinco vezes maiores na presença das minhocas do que no solo sem elas e para os outros micronutrientes Zn, Mn e Cu os aumentos foram aproximadamente 2, 3,5 e 4 vezes na presença da minhoca. Considerando que os métodos de análise utilizados simulam a absorção desses nutrientes pela planta, o efeito observado demonstra que a minhoca favorece a disponibilidade destes elementos para a planta e, conforme Kizilkaya [22], as minhocas têm a capacidade de acumular teores de metais pesados nos tecidos do próprio corpo, que também ficam disponíveis para as plantas após sua morte e decomposição.

Ainda não está claro como ocorrem os aumentos das concentrações de micronutrientes nos coprólitos. Desta forma, é provável que as mudanças físicas, químicas e microbiológicas que ocorrem durante a passagem do solo pelo trato intestinal das minhocas podem ser responsáveis pelo aumento nos teores de micronutrientes nos coprólitos. Quando o solo passa pelo trato intestinal da minhoca, ele está sujeito a mudanças do pH e isto pode ser atribuído à: i. excreção de amônio no intestino [7]; ii. excreção de carbonato de cálcio das glândulas calcíferas na faringe das minhocas quando o solo é ingerido [23]; e iii. capacidade em excretar amônia através de seus enteronefrídeos, que mais adiante será depositada nos coprólitos quando não há a presença das glândulas calcíferas na minhoca [24]. É importante também mencionar que os aumentos nos teores de C podem ser devido à: i. capacidade das minhocas em seleção de partículas ricas em C [7]; ii. adição de grandes quantidades de muco hidrossolúvel [25]; e iii. flora microbiana associada ao trato intestinal [26]. Mais um processo que pode causar influência é a capacidade das minhocas em selecionar partículas não somente ricas em C, como citado antes, mas também, como alguns autores propõem, em quebrar mecanicamente os grãos minerais através da ingestão e digestão das frações do solo [6] ou ainda selecionar diferentes frações granulométricas ao ingerirem o solo. Geralmente, a preferência é dada para a fração fina dos grãos [28]. Estes fatores podem ter grande influência

sobre a disponibilidade dos micronutrientes nos coprólitos das minhocas.

Referências

- [1] DARWIN, C. 1881 The formation of vegetable mould through the action of worms with observations on their habits. Murray, London.
- [2] EDWARDS, C.A.; BOHLEN, P. J. 1996 Biology and ecology of earthworms. 3° ed. London, Chapman & Hall.
- [3] SHIPITALO, M.J.; PROTZ, R. 1989 Chemistry and micromorphology of aggregation in earthworm casts. *Geoderma* 45: 357-374.
- [4] LAL, R.; AKINREMI, O.O. 1983 Physical properties of earthworm casts and surface soil as influenced by management. *Soil Science* 135: 114-122.
- [5] QUADROS, R.M.B.; BELLOTE, A.F.J.; DIONÍSIO, J.A. 2002 Observações sobre propriedades químicas do solo e de excrementos de minhocas em plantios de *Eucalyptus grandis*. *Boletim de Pesquisa Florestal* 45: 29-39.
- [6] BASKER, A.; KIRKMAN, J. H.; MACGREGOR, A. N. 1992 The availability of potassium in soil: an incubation experiment. *Biology and Fertility of Soils* 14: 300-303.
- [7] BAROIS, I.; LAVELLE, P.; BROSSARD, M.; TONDOH, J.; MARTINEZ, M.; ROSSI, J.; SENAPATI, B.; ANGELES, A.; FRAGOSO, C.; JIMENEZ, J.; DECEANS, T.; LATTAUD, C.; KANONYO, J.; BLANCHART, E.; CHAPUIS, L.; BROWN, G.; MORENO, A. 1999 A. Ecology of earthworm species with large environmental tolerance and or extended distributions. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P.; (ed) Earthworms management in tropical agroecosystems. CABI International, Wallingford, UK, p.57-85.
- [8] EMBRAPA 1997 Manual de Métodos de Análises de Solos. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro.
- [9] FERREIRA, D.F. 2003 Programa de análises estatísticas (Statistical Analysis Software) e planejamento de experimentos. Universidade Federal de Lavras.
- [10] SAS 1999 Procedure Guide for Personal Computers, 5th ed., SAS Institute, Cary.
- [11] LANGENBACH, T.; INACIO, M.V. de S.; AQUINO, A. M. de; BRUNNINGER, B. 2002 Effects of earthworm *Pontoscolex corethrurus* on distribution of acaricide dicofol in a Podzolic soil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37(11): 1663-1668.
- [12] GANESHMURTHY, K.; MANJIAH, K.M.; SUBBA RAO, A. 1998 Mobilization of nutrients in tropical soils through worm casting: availability of macronutrients. *Soil Biology and Biochemistry* 30 (13): 1671-1676.
- [13] BANSAL, S.; KAPOOR, K.K. 2000 Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. *Bioresource Technology* 73: 95-98.
- [14] CHENG, J.; WONG, H.M. 2002 Effects of earthworms on Zn fractionation in soils. *Biology Fertility of Soils* 36: 72-78.
- [15] CAMARGO, O.A. Reações e interações de micronutrientes no solo. 2006. Artigo em Hipertexto disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/Micronutrientes/](http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/Micronutrientes/Index.htm)Index.htm>.
- [16] NASCIMENTO, C.W.A.; FONTES, R.L.F. 2004 Correlação entre características de Latossolos e parâmetros de equações de adsorção de cobre e zinco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 28: 965-971.
- [17] GOODMAN, B.A. 1985 The characterization of iron complexes with soil organic matter. In: STUCKI, J.W.; GOODMAN, A.; SCHWERTMANN, U., ed. Iron in soils and clay minerals. Bad Windsheim, NATO Advanced Study Institute. p.842-51.
- [18] SHUMAN, L.M. Effect of organic matter on the distribution of manganese, copper, iron and zinc in soil fractions. *Soil Science* 146: 192-198.
- [19] MCBRIDE, M.B. 1994 Environmental chemistry of soils. New York, Oxford University Press, 406p.
- [20] NASCIMENTO, C.W.A.; LEITE, P.V.V.; NASCIMENTO, R.S.M.P.; MELO, E.E.C. 2005 Influência da calagem no

fracionamento e na disponibilidade de manganês em solos de Pernambuco. *Agropecuária Técnica* 26 (1): 22-28.

- [21] CORTEZ, J.; BOUCHÉ, M. B. 1998 Field decomposition of leaf litters: earthworms – microorganism interactions – the the ploughing-in effect. *Soil Biology and Biochemistry* 30(6): 795-804.
- [22] KIZILKAYA, R. 2004 Cu and Zn accumulation in earthworm *Lumbricus terrestris* L. in sewage sludge amended soil and fractions of Cu and Zn in casts and surrounding soil. *Ecological Engineering* 22: 141-151.
- [23] LEE, K.E. 1985 Earthworms: their ecology and relations with soil and land use. London: Academic Press, 411p.
- [24] LAVELLE, P.; MELENDEZ, G.; PASHANASI, B.; SCHAEFER, R. 1992 Nitrogen mineralization and reorganisation in casts of the geophagous tropical earthworms *Pontoscolex corethrus* (Glossoscolecidae). *Biology and Fertility of Soils* 14: 49-53.
- [25] TRIGO, D.; BAROIS I.; GARVÍN, M.H.; HUERTA, E.; IRISSON, S.; LAVELLE, P. 1999 Mutualism between earthworms and soil microflora. *Pedobiologia* 43: 866-873.
- [26] BROWN, G.G. 1995 How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity? *Plant and Soil* 170(1) : 209-231.
- [27] NOOREN, C.A.M.; VAN BREEMEN, N.; STOOORVOGEL, J.J.; JONGMANS, A.G. 1995 The role of earthworms in the formation of sandy surface soils in a tropical forest in Ivory Coast. *Geoderma* 65: 135-148.

Tabela 1. Atributos químicos do solo controle (Solo) e dos coprólitos produzidos por *P. corethrus* (Copr Pc) e por *A. gracilis* (Copr Ag) nos diferentes agroecossistemas. (Letras diferentes na mesma coluna e tratamento diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$))

TRAT	MAT	pH CaCl ₂	g/dm ³		mg/dm ³		
			C	Zn	Cu	Mn	Fe
MT	Solo	4,4a	28.23a	1.64a	10.00a	173.66a	62.90a
MT	Copr Pc	4,7b	32.53b	2.18b	11.82a	172.93a	55.92a
MT	Copr Ag	4,5a	32.26b	2.75c	10.77a	171.13a	55.91a
PD	Solo	4,9a	21.18a	3.83a	13.33a	128.07a	47.97a
PD	Copr Pc	4,8a	23.59b	4.56b	12.13a	148.23b	43.98a
PD	Copr Ag	4,9a	27.21b	5.04c	12.21a	157.62b	44.43a
PDS	Solo	5,0a	23.72a	2.82a	17.29a	169.21a	58.57a
PDS	Copr Pc	5,1a	26.33b	3.49b	15.97a	172.23a	53.74a
PDS	Copr Ag	5,1a	23.94a	4.54c	17.37a	173.68a	55.83a
PT	Solo	4,3a	27.20a	1.68a	16.66a	113.42a	153.86c
PT	Copr Pc	4,6b	31.20b	2.18b	16.36a	151.46c	135.76b
PT	Copr Ag	4,5b	32.10b	2.94c	16.05a	123.56a	123.56a

Figura 1. Correlação entre os teores de zinco e carbono orgânico total dos coprólitos das espécies de minhocas *P. corethrus* e *A. gracilis* nos diferentes agroecossistemas

