



Macronutrientes 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 JUNIOR⁽⁴⁾ & A. C. S. COSTA⁽⁵⁾

RESUMO – A atividade das minhocas pode mudar os atributos químicos do solo, embora pouco se conheça dos efeitos das minhocas exóticas comuns em agroecossistemas neotropicais sobre os atributos dos solos altamente intemperizados brasileiros. Desta forma, os efeitos de duas espécies de minhocas, uma invasora peregrina (*Pontoscolex corethrurus*) e outra exótica (*Amyntas gracilis*), sobre os atributos de um Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), 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 os efeitos das minhocas sobre alguns atributos químicos deste LVdf. 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 produzidos pelas duas espécies foram significativamente enriquecidos em cátions trocáveis, carbono orgânico total (COT), fósforo (P) e enxofre (S), e houve aumento nos valores de pH e saturação de bases, comparados com o solo não ingerido (controle). Os maiores enriquecimentos nos atributos químicos ocorreram nos solos de mata e pastagem, ao invés dos agroecossistemas intensivos, onde a perturbação é maior. Portanto, a atividade de ambas espécies no Latossolo Vermelho distroférico pode alterar significativamente a quantidade de nutrientes disponíveis nesses sistemas de manejo.

Introdução

As minhocas são engenheiros do ecossistema que modificam os atributos e processos dos solos onde se encontram presentes [1]. Coprólitos, excreções e secreções liberadas pelas minhocas podem ocasionar alterações nos atributos químicos do solo, uma vez que os teores de nutrientes em forma solúvel são diferentes dos teores do solo adjacente [2, 3].

As minhocas são importantes para a decomposição e a reciclagem da matéria orgânica em muitos solos. Os hábitos alimentares das diferentes espécies e categorias ecológicas de minhocas influem nos efeitos sobre a fragmentação e incorporação da matéria orgânica no perfil do solo. A taxa de mineralização pode ser maior ou menor, dependendo da influência e interação no comportamento das populações microbianas [3], liberando nutrientes essenciais para as plantas e assegurando um bom aproveitamento das reservas húmicas dentro do solo [2, 4]. Mas o papel que as diferentes espécies desempenham no ecossistema não é igual e depende de suas estratégias ecológicas, abundância e das propriedades e formas de manejo do ecossistema [5].

No Brasil, as espécies exóticas do gênero *Amyntas* e a espécie nativa peregrina *Pontoscolex corethrurus* Müller têm sido amplamente difundidas, principalmente perto de centros urbanos, mas também em jardins, pastagens e no plantio direto [6]. Embora alguns estudos têm mostrado que estas espécies podem afetar tanto os atributos do solo como a produção vegetal [7, 8], seus efeitos sobre a fertilidade do solo e sua sobrevivência em solos argilosos altamente intemperizados ainda são pouco conhecidos no Brasil.

Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar os atributos químicos dos coprólitos produzidos pelas minhocas *P. corethrurus* e *Amyntas gracilis* Kinberg em um Latossolo Vermelho distroférico proveniente de diferentes sistemas (natural e agrícolas), sob condições de laboratório.

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),

⁽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

plântio direto com 12 anos de idade com sucessão de culturas e subsolagens a cada 6 anos (PDS) e pastagem 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 [9]) nos coprólitos e solos controle (moídos e peneirados a 2 mm): pH (CaCl₂), carbono orgânico total (COT), alumínio (Al³⁺), hidrogênio + alumínio (H+Al), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), potássio (K⁺), fósforo (P), enxofre (S), nitrogênio total (NT), soma de bases (S), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação de bases (V%).

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 [10] e SAS [11].

Resultados e discussão

Os resultados das análises dos atributos químicos dos coprólitos produzidos por Pc e Ag e do solo controle nos diferentes sistemas de manejo se encontram na Tabela 1.

Os valores de pH do solo foram significativamente mais elevados nos coprólitos de Pc produzidos nos tratamentos MT e PT e nos coprólitos de Ag no tratamento PT. Nos solos provenientes das áreas cultivadas (PD e PDS) não foram observadas diferenças significativas entre os coprólitos das minhocas e o solo controle não ingerido. É conhecido que a atividade das minhocas pode alterar o pH do solo, e isto pode ser atribuído à excreção de amônia no intestino ou pela excreção de carbonato de cálcio das glândulas calcíferas na faringe das minhocas quando o solo é ingerido [2, 3]. Pc é conhecida por produzir grânulos de carbonato de cálcio provenientes das glândulas calcíferas, que são expelidas nos coprólitos [12], e isto certamente tem um impacto positivo sobre o pH do intestino e dos coprólitos, alterando também a disponibilidade dos nutrientes afetados pelo pH. Pc

produz coprólitos ricos em amônio [13, 14] que também podem afetar o pH dos mesmos. Ag não possui glândulas calcíferas, mas é conhecida pela capacidade de excretar amônia no intestino, através de seus enteronefrídeos, que mais adiante é depositado nos coprólitos [15].

Quanto ao nitrogênio total (NT), não houve diferenças significativas no teor dos coprólitos em relação ao solo controle. Os teores de Mg trocável também não foram afetados pelas minhocas e pelos sistemas de manejo.

Os teores de Al foram reduzidos em torno de 50% nos coprólitos produzidos em MT e PT, em relação ao solo controle; os coprólitos de Ag tiveram os menores teores de Al. Em contraste, Quadros et al. [16] encontraram aumentos de 273% nos teores de Al de coprólitos (as espécies não foram determinadas) coletados na superfície de um solo sob plantação de *Eucalyptus grandis*. Estas diferenças podem ser devido às diferentes espécies envolvidas e seus hábitos alimentares, assim como às características fisiológicas de cada espécie, que podem variar com o tipo de solo e ecossistema em que são encontradas. Estes fatores podem alterar as propriedades finais dos coprólitos e suas relações com o solo original ingerido [16].

Com relação aos outros cátions, os coprólitos produzidos por Pc apresentaram teores mais elevados de K trocável nos tratamentos MT, PD e PDS e mais baixos em PT, e teores mais elevados de Ca trocável em PDS e PT, em relação aos solos não ingeridos. Por outro lado, os coprólitos produzidos por Ag foram enriquecidos com K trocável somente em PT e Ca em PD, PDS e PT. O Ca é processado pelas minhocas durante a ingestão, principalmente por possuírem as glândulas calcíferas e regiões esofágicas que estão envolvidas na produção de carbonato de cálcio. Os aumentos nos teores de Ca geram conseqüentemente aumentos nos valores do pH, o qual afeta as concentrações de outros nutrientes solúveis disponíveis para as plantas [17]. Os aumentos nos teores de K podem ser devido a liberação de K por materiais orgânicos através da fragmentação durante a digestão. Muitos estudos (ver por exemplo [18]) tem mostrado aumentos de 2 a 3 vezes nos teores de K trocável nos coprólitos comparados ao solo adjacente sob condições a campo. Os resultados obtidos neste experimento são condizentes aos obtidos por Basker et al. [19] em um experimento de incubação com a espécie *Aporrectodea caliginosa* (Lumbricidae). Basker et al. [19, 20] mostraram que a quantidade de potássio disponível aumenta significativamente em solos habitados por minhocas quando comparados com os mesmos solos sem elas.

Devido ao alto teor de cátions nos coprólitos, também houve aumentos significativos nos valores de soma de bases (SB), que também deveriam ter afetado a CTC. Porém nenhuma diferença significativa foi observada nos valores de CTC nos coprólitos comparados aos solos controles. Somente em solos de PT com Ag, houve diminuição no valor da CTC, relacionada à menor acidez potencial no mesmo tratamento e material.

A respeito dos teores de P, a concentração nos coprólitos foi 40% maior nas áreas de cultivo (PD e PDS) e 10% maior nas áreas de mata e pastagem (MT e PT),

comparado ao solo controle. Os maiores aumentos nos teores de P foram encontrados nos coprólitos de Ag. Outros autores [7, 16] encontraram aumentos similares nos teores de P quando comparados ao solo adjacente. Razões para estes aumentos são controversos e podem estar relacionados à atividade ácida e básica da fosfatase no intestino das minhocas [21], como também a seleção de partículas ricas em argila e materiais orgânicos contendo altos teores de P durante a ingestão do solo [13]. Pc ingere partículas mais finas do solo e produz coprólitos frescos mais dispersíveis que o solo controle [13]. Estas modificações na textura e estrutura levam a uma redistribuição das formas do P através dos diferentes tamanhos de partículas e das frações químicas [22]. Fenômeno similar pode também ocorrer com os teores de S, embora no presente caso aumentos significativos foram observados somente nos solo da mata (MT), para as duas espécies, e na pastagem (PT) para Ag.

Os teores de carbono orgânico total (COT) foram significativamente mais elevados nos coprólitos das duas espécies comparados com o solo controle de todos os tratamentos (aumentos variando de 10 – 15%), confirmando a seleção de partículas mais ricas durante a ingestão do solo pelas duas espécies. O mecanismo de seleção de partículas com altos teores de C durante a ingestão do solo ainda é desconhecido. Minhocas endogeicas parecem ser capazes de reconhecer micro-regiões dentro do solo com altos teores de C, embora elas também são capazes de selecionar pequenas partículas para ingerir, especialmente quando os teores de areia do solo aumentam [13]. Além disso, a passagem do solo através da moela e intestino da minhoca envolve fragmentação dos restos vegetais, que são intimamente misturados com o solo [23] e grandes quantidades de muco hidrossolúvel [24]. Embora grande parte deste muco seja reabsorvido no intestino posterior, parte dele é liberado nos coprólitos [24], o que pode alterar o teor de C dos mesmos.

A colonização dos coprólitos das minhocas por vários organismos pode também alterar seus atributos significativamente [25]. Os coprólitos da maioria das espécies de minhocas são excretados com uma grande quantidade e diversidade de micro-organismos (incluindo nematóides, protozoários, fungos e bactérias), e variáveis proporções de restos vegetais (dependendo do hábito alimentar). Conforme os coprólitos envelhecem e estabilizam, as proporções de dominância de diferentes organismos também podem mudar, embora a importância destas mudanças para os atributos químicos e função dos coprólitos ainda seja desconhecida [26].

Fica claro, neste experimento, a capacidade das espécies de minhocas *P. corethrus* e *A. gracilis* em influenciar e alterar os atributos químicos do solo, mostrando desta forma, o potencial e benefícios que estes animais podem oferecer às funções do solo. Estas alterações ocorreram mesmo não sendo adicionada uma fonte de matéria orgânica extra; foi utilizada somente a camada mineral do solo.

Referências

- [1] LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; DHILLON, S. 1997 Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology* 33: 159-193.
- [2] LEE, K.E. (1985) *Earthworms: their ecology and relations with soil and land use*. London: Academic Press, 411p.
- [3] EDWARDS, C.A. & BOHLEN, P.J. 1996 *Biology and ecology of earthworms*. 3° ed. London, Chapman & Hall.
- [4] MARTIN, A. (1991) Short- and long-term effects of the endogeic earthworm *Millsonia anomala* (Omodeo) (Megascolecidae, Oligochaeta) of tropical savannas, on soil organic matter. *Biology and Fertility of Soils* 11: 234-238.
- [5] LAVELLE, P. 1988 Earthworms activities and the soil system. *Biology and Fertility of Soils* 6: 237-251.
- [6] BROWN, G.G.; JAMES, S.W.; PASINI, A.; NUNES, D.H.; BENITO, N.P.; MARTINS, P.T. & SAUTTER, K.D. 2006 Exotic, Peregrine and Invasive Earthworms in Brazil: Diversity, Distribution and Effects on Soils and Plants. *Caribbean Journal of Science* 42, in press.
- [7] PEIXOTO, R.T.G. & MAROCHI, A.I. 1996 A influência da minhoca *Pheretima* sp. nas propriedades de um latossolo vermelho escuro álico e no desenvolvimento de culturas em sistema de plantio direto, em Arapoti – PR. *Revista Plantio Direto – Setembro/Outubro de 1996*, 23-25.
- [8] KOBAYAMA, M.; BARCIK, C. & SANTOS, H.R. 1995 Influência da minhoca (*Amyntas hawayanus*) sobre a produção de matéria seca de Bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth). *Revista Setor Ciências Agrárias*, Curitiba 13: 199-203.
- [9] EMBRAPA 1997 *Manual de Métodos de Análises de Solos*. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro.
- [10] FERREIRA, D.F. 2003 Programa de análises estatísticas (Statistical Analysis Software) e planejamento de experimentos. Universidade Federal de Lavras.
- [11] SAS 1999 *Procedure Guide for Personal Computers*, 5th ed., SAS Institute, Cary.
- [12] KALE, R.D. & KRISHNAMOORTHY, R.V. 1980 The calcium content of the body tissues and castings of earthworm *Pontosclex corethrus*. *Pedobiologia* 20: 309-315.
- [13] 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 Ecology of earthworms 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.
- [14] LAVELLE, P.; MELENDEZ, G.; PASHANASI, B. & SCHAEFER, R. 1992 Nitrogen mineralization and reorganisation in casts of the geophagous tropical earthworms *Pontosclex corethrus* (Glossoscolecidae). *Biology and Fertility of Soils* 14: 49-53.
- [15] BAHL, K.N. 1947 Excretion in the Oligochaeta. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 22: 109-147.
- [16] 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 *Eucaliptus grandis*. *Boletim de Pesquisa Florestal* 45: 29-39.
- [17] BLAIR, J.M.; PARMELEE, R.W. & LAVELLE, P. 1995 Influences of earthworms on biogeochemistry. In: HENDRIX, P.F. (ed) *Earthworm Ecology and Biogeography*. Lewis, Boca Raton, Florida, pp. 127-158.
- [18] HULLGALLE, N.R. & EZUMAH, H.C. 1991 Effects of cassava-based cropping systems on physical-chemical properties of soil and earthworm casts in a tropical Alfisol. *Agricultural Ecosystem Environment* 35: 55-63.
- [19] BASKER, A.; KIRKMAN, J.H. & MACGREGOR, A.N. 1992 The availability of potassium in soil: an incubation experiment. *Biology and Fertility of Soil* 14: 300-303.

- [20] BASKER, A.; KIRKMAN, J.K. & MACGREGOR, A.N. 1994 Changes in potassium availability and other soil properties due soil ingestion by earthworm. *Biology and Fertility of Soils* 17: 154-158.
- [21] LOPEZ-HERNÁNDEZ, D.; LAVELLE, P.; FARDEAU, J.C. & NIÑO, M. 1993 Phosphorus transformations in two P-sorption contrasting tropical soils during transit through *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta). *Soil biology and Biochemistry* 25: 789-792.
- [22] CHAPUIS-LARDY, L.; BROSSARD, M.; LAVELLE, P. & SCHOULLER, E. 1998 Phosphorus transformations in a ferralsol through ingestion by *Pontoscolex corethrurus*, a geophagous earthworm. *European Journal of Soil Biology* 32: 61-67.
- [23] BAROIS, I.; VILLEMEN, G.; LAVELLE, P.; TOUTAIN, F. 1993 Transformation of the soil structure through *Pontoscolex corethrurus* (Oligochaeta) intestinal tract. *Geoderma* 56: 57-66.
- [24] TRIGO, D.; BAROIS, I.; GARVÍN, M.H.; HUERTA, E.; IRISSON, S. & LAVELLE, P. 1999 Mutualism between earthworms and soil microflora. *Pedobiologia* 43: 866-873.
- [25] BROWN, G.G. 1995 How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity? *Plant and Soil* 170(1): 209-231.
- [26] BROWN, G.G.; BAROIS, I. & LAVELLE, P. 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *European Journal of Soil Biology* 36: 177-198.

Tabela 1. Atributos químicos do solo controle (Solo) e dos coprólitos produzidos por *P. corethrurus* (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	cmol _c dm ³							mg dm ³		g dm ³		%	
			Al ⁺³	H + Al	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	S	P	COT	NT	V	
MT	Solo	4.4a	0.54b	8.0a	0.26a	2.35a	0.94a	3.55a	11.56a	31.3a	3.3a	28.23a	0.29a	30.7a	
MT	Copr Pc	4.7b	0.28a	7.7a	0.35b	2.69a	1.21a	4.24b	11.98a	41.8b	5.7b	32.53b	0.34a	35.4b	
MT	Copr Ag	4.5a	0.31a	8.0a	0.25a	2.89a	1.20a	4.34b	12.37a	47.1b	6.1b	32.26b	0.28a	35.2b	
PD	Solo	4.9a	0.04a	5.7a	0.32a	4.82a	1.52a	6.66a	12.40a	36.8a	56.8a	21.18a	0.26a	53.7a	
PD	Copr Pc	4.8a	0.06a	6.1a	0.44b	5.04a	1.71a	7.19b	13.25a	45.3a	64.5b	23.59b	0.21a	54.2a	
PD	Copr Ag	4.9a	0.03a	5.3a	0.34a	5.30b	1.67a	7.31b	12.56a	37.2a	64.9b	27.21b	0.26a	58.1a	
PDS	Solo	5.0a	0.02a	5.4a	0.49a	4.84a	1.94a	7.27a	12.63a	25.6a	24.6a	23.72a	0.22a	57.5a	
PDS	Copr Pc	5.1a	0.00a	5.2a	0.56b	5.30b	1.91a	7.77b	12.94a	28.7a	29.2b	26.33b	0.22a	60.0b	
PDS	Copr Ag	5.1a	0.00a	4.8a	0.47a	5.76c	1.93a	8.16b	12.93a	32.6a	31.1b	23.94a	0.22a	63.1c	
PT	Solo	4.3a	1.10c	8.6b	0.21b	0.79a	0.72a	1.72a	10.36b	15.4a	2.4a	27.20a	0.23a	16.7a	
PT	Copr Pc	4.6b	0.58b	8.7b	0.16a	1.00b	0.89a	2.05b	10.79b	22.4a	3.2b	31.20b	0.22a	19.1a	
PT	Copr Ag	4.5b	0.37a	7.0a	0.24c	1.09b	0.93a	2.26b	9.26a	35.9a	5.3c	32.10b	0.26a	24.5b	