

APLICAÇÃO DE CIPERMETRINA EM SOLO PARA A AVALIAÇÃO DA REPRODUÇÃO E COMPORTAMENTO DE MINHOCAS *Eisenia andrei***CYPERMETHRIN APPLICATION IN SOIL FOR THE EVALUATION *Eisenia andrei* REPRODUCTION AND BEHAVIOR**

Talyta Zortéa¹
Julia Corá Segat²
Tamires Rodrigues dos Reis³
Daniel Augusto Barreta⁴
Carolina Riviera Duarte Maluche Baretta⁵
Dilmar Baretta⁶

Submetido: 01/09/2020 / Aprovado: 28/07/2022 / Publicado: 04/08/2022.

Resumo

Avaliar a toxicidade de cipermetrina para organismos não-alvo é uma maneira de entender os efeitos do fármaco no ambiente e desta forma identificar alternativas para o uso mais consciente dele. Esse tipo de avaliação pode ser realizada através de uma ferramenta chamada ecotoxicologia, a qual visa expor organismos ao contaminante e identificar efeitos deletérios. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar do comportamento e reprodução de minhocas *Eisenia andrei* quando expostas a doses crescentes do medicamento veterinário com seu princípio ativo a base de cipermetrina. O solo utilizado foi Latossolo Vermelho distroférico contaminado com 0; 1,5; 3 e 6 mg kg⁻¹ de cipermetrina, cada dose foi composta por cinco repetições, sendo os tratamentos distribuídos em delineamento inteiramente casualizado. Os resultados obtidos demonstram que a cipermetrina aplicada até a dose de 6 mg kg⁻¹ no solo não provoca letalidade aos organismos, no entanto, a aplicação de doses de 3 mg kg⁻¹ foi capaz de provocar a redução na taxa de reprodução e, também, induzir a fuga dos organismos dos solos contaminados. Conclui-se que há risco ambiental para o solo em função da elevada toxicidade de cipermetrina, sendo necessário seu controle.

Palavras-chave: Ecotoxicologia; Minhocas; Piretróide; Solo natural.

Abstract

Assessing the toxicity of cypermethrin to non-target organisms is a way of understanding the effects of the drug on the environment and thus identifying alternatives for more conscious use of it. This type of evaluation can be performed using a tool called ecotoxicology, which aims to expose organisms to the contaminant and to identify harmful effects. Thus, the objective of this work was to evaluate the behavior and reproduction of earthworms *Eisenia andrei* when exposed to increasing doses of the veterinary medicine with its active ingredient based on cypermethrin. The soil used was Oxisol contaminated with 0; 1.5; 3 and 6 mg kg⁻¹ of cypermethrin, each dose was composed of five repetitions, with treatments distributed in a completely randomized design. The results obtained

¹ Doutora em Agronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. E-mail: talytazortea@gmail.com

² Doutora em Ciência do Solo. Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. E-mail: juliasegat@yahoo.com.br

³ Mestre em Zootecnia. Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. E-mail: tamires.rodriguesreis@gmail.com

⁴ Mestre em Zootecnia. Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. E-mail: daniel.barreta@edu.udesc.br

⁵ Doutora em Agronomia. Universidade Comunitária da Região de Chapecó. E-mail: carolmaluche@unochapeco.edu.br

⁶ Doutor em Agronomia. Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC. E-mail: dilmar.baretta@udesc.br

DOI: <http://dx.doi.org/10.24021/raac.v19i1.5811>

Vol. 19, N. 1 (2022)



show that cypermethrin applied up to the dose of 6 mg kg⁻¹ in the soil does not cause lethality to the organisms, however, the application of doses of 3 mg kg⁻¹ was able to cause the reduction in the reproduction rate and, also, induce the escape of organisms from contaminated soils. It is concluded that there is an environmental risk to the soil due to the high toxicity of cypermethrin, requiring its control.

Keywords: Ecotoxicology; Earthworms; Pyrethroid; Natural soil.

1. INTRODUÇÃO

As substâncias farmacológicas dos medicamentos veterinários são importantes fontes de tratamento e prevenção de doenças nos animais, porém quando alcançam o meio ambiente podem atuar negativamente sobre as espécies não alvo (BÁRTÍKOVÁ et al., 2016). Grande parte destas substâncias é excretada via fezes e urina pela maioria das espécies de interesse zootécnico, e sabendo que estes resíduos podem ser utilizados como fertilizantes orgânicos, sua aplicação no solo é a principal forma dos medicamentos veterinários entrarem no compartimento terrestre (ZHANG et al., 2016).

Assim, fármacos veterinários são considerados potenciais contaminantes químicos, pois são projetados, como outras drogas, para ter efeitos biológicos em concentrações baixas (ARNOLD et al., 2013). Entre eles, a cipermetrina vem sendo amplamente utilizada no controle de pragas em lavouras e combate de parasitas em animais de produção (LIN et al., 2011), com a finalidade principal de suprimir os efeitos danosos que são causados pelos organismos alvos, porém, sua utilização inadequada pode causar danos irreversíveis à estrutura e funcionamento dos ecossistemas solo e água (REINECKE e REINECKE, 2007). Os resíduos desse composto químico têm capacidade de se acumular no ambiente, refletindo na vulnerabilidade e efeitos negativos sobre os organismos do solo. Esses organismos edáficos possuem papel fundamental no ecossistema, promovendo melhorias nas propriedades do solo (BARETTA et al., 2007).

Os invertebrados do solo possuem características importantes para manter a qualidade do solo, uma vez que são organismos-chave na decomposição de material orgânico e liberação de nutrientes, além de ser fundamental na formação de micro e macroestrutura do solo (BOTTINELLI et al., 2015). As minhocas são um dos organismos mais comuns do solo, na maioria dos ambientes, e desempenham um papel importante no funcionamento do ecossistema solo. Além disso, apresentam sensibilidade a mudanças do ambiente, respondendo ao contato com poluentes no solo, todavia, estes organismos através de suas repostas comportamentais e reprodutivas são capazes de apresentar o estado dos ecossistemas e mudanças ocorridas decorrentes de forças bióticas e abióticas através do tempo (SEGAT et al., 2015). A espécie *Eisenia andrei* é, portanto, mundialmente utilizada como padrão para avaliação ecotoxicológica, por fazer parte da fauna edáfica com importantes funções nos chamados serviços ecossistêmicos, apresentando ainda, facilidade de criação em laboratório.

A presença de medicamentos veterinários no solo, como a cipermetrina, é capaz de afetar os organismos não alvos, que são responsáveis pela decomposição do dejetos animal nas pastagens e ciclagem de nutrientes, de forma que apresentam ação funcional e economicamente importante no sistema (LUMARET et al., 2012). O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento e reprodução de minhocas *Eisenia andrei* quando expostas a doses crescentes do medicamento veterinário com seu princípio ativo a base de cipermetrina.



2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Solo teste

Foram utilizadas amostras da camada superficial (0-0,20 m de profundidade) de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd), o solo foi seco em estufa a 65° C e tamisados em peneiras de 2,0 mm, para separação de fragmentos vegetais e outros resíduos. Parâmetros físicos e químicos do solo estão apresentados na Tabela 1. O solo teve o pH corrigido para $6,0 \pm 0,5$ através da adição de CaCO_3 (ISO 10390, 2005), e o conteúdo de água inicial ajustado para 65% da máxima capacidade de retenção de água (ISO 11274, 1998).

Tabela 1. Parâmetros físicos e químicos de Latossolo Vermelho distrófico (LVd) na profundidade de 0 – 20 cm.

Parâmetros	LVd
MO ¹ (%)	3,9
CTC ² (cmol _c /dm ³)	12,34
Argila (%)	55
P (mg/dm ³)	3,5
K (mg/dm ³)	124
Ca (cmol _c /dm ³)	3,2
Mg (cmol _c /dm ³)	1
Al (cmol _c /dm ³)	48,2
H+Al (cmol _c /dm ³)	7,83
Cu (mg/dm ³)	1,4
Zn (mg/dm ³)	0,8
Fe (mg/dm ³)	79,7
SB	36,5

¹MO – Matéria Orgânica.

²CTC – Capacidade de Troca Catiônica em pH 7,0

2.2 Tratamentos

O composto químico utilizado neste experimento foi a cipermetrina, pertencente ao grupo piretróide, sendo classificada como um inseticida, neste caso foi usado a marca comercial Ectic®, com grau de pureza corrigido para 100% no solo. Os ensaios foram conduzidos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições, e consistiam em doses crescentes de cipermetrina aplicada no solo em sua forma diluída, nas seguintes concentrações: 0; 1,5; 3,0 e 6,0 mg kg⁻¹ de solo, e controle em solo artificial tropical (SAT).

2.3 Testes com minhocas *E. andrei*

O teste de comportamento de fuga foi conduzido com base no protocolo ISO 17512-1 (2007), utilizou-se recipientes plásticos, que foram divididos ao meio com auxílio de divisória inserida verticalmente, onde cada um dos lados recebeu 250 g de solo, sendo uma das seções recebeu solo



sem contaminação (solo controle) e a outra seção recebeu o solo contaminado com as respectivas doses a serem testadas. Adicionalmente, foi montado um tratamento “controle duplo” que recebeu solo sem contaminação em ambas as seções, para comparar os resultados dos demais tratamentos.

Após a retirada da divisória foram introduzidas 10 minhocas na linha central, os recipientes permaneceram tampados no escuro durante 48 h e os indivíduos não receberam alimentação. Após 48 h o recipiente foi novamente dividido em duas seções e foi contabilizado o número de minhocas em cada seção da caixa

O teste de reprodução foi conduzido com base no protocolo ISO 11268-2 (1998), com duração total de 56 dias. Foram utilizados potes de plásticos contendo 500 g de solo com as respectivas doses avaliadas, sendo que em cada pote foram acondicionadas 10 minhocas com clitelo aparente. Após 28 dias do início dos ensaios as minhocas adultas foram retiradas e o solo com os casulos foi recolocado nos potes e incubados por mais 28 dias até a eclosão dos ovos. Ao final do teste os potes de plásticos foram colocados em banho-Maria a 60° C para forçar a migração dos juvenis até a superfície do solo, que posteriormente foram contabilizados.

Todos os ensaios foram desenvolvidos no laboratório de Solos e Sustentabilidade da Universidade do Estado de Santa Catarina no município de Chapecó-SC.

2.4 Análise estatística

Os dados de letalidade e reprodução foram submetidos à ANOVA One-way seguido pelo teste Dunnett ($M < \text{controle}$, $p < 0,05$) utilizando Software Statistica 7.0 (2004) determinando assim, CENO (Maior concentração sem efeito observado) e CEO (Menor concentração com efeito observado). Foi estimado através do software PriProbit 1.63 valor de LC50 (Letalidade a 50% da população) e EC50 (Concentração efetiva à 50%).

A fuga foi analisada através do “Fisher Exact Test”, que faz a comparação entre o número de indivíduos observados em relação a ausência de fuga. Os valores foram graficamente expressos e percentagem de fuga, ou seja, indivíduos que evitaram o solo contaminado. Foi estimado através do PriProbit 1.63 software o valor de AC50 (Concentração com efeito em 50% dos organismos).

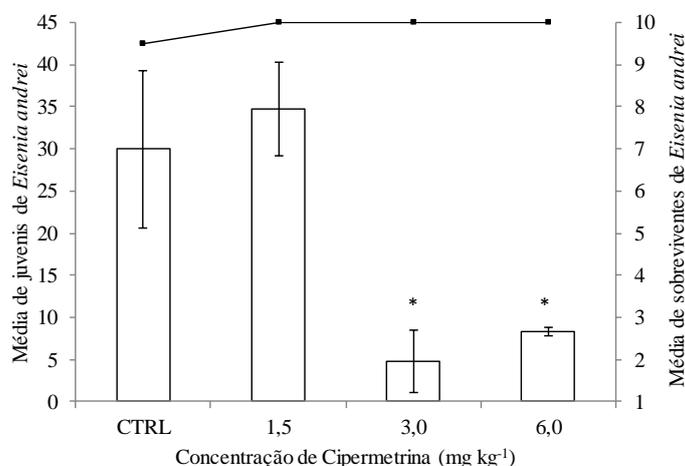
3. RESULTADOS

Ambos os testes atenderam os critérios de validação. No teste de reprodução a sobrevivência dos adultos no controle foi de 100% e a média de juvenis nascidos foi de 55 com coeficiente de variação de 18,7%. Para teste de fuga a sobrevivência dos organismos foi de 100%, a distribuição das minhocas nos “controles duplos” foi de 46% e 54%, com coeficiente de variação de 3,9%.

A reprodução das minhocas *Eisenia andrei* foi diretamente afetada pela presença de cipermetrina (Figura 1), os dados obtidos mostram que os valores de CENO e CEO foram de 1,5 e 3,0 mg kg⁻¹ de solo, respectivamente. Com base nesses resultados o valor calculado de EC50 foi 2,8 mg kg⁻¹ (IC [Intervalo de confiança] 0,19 – 5,7 mg kg⁻¹).



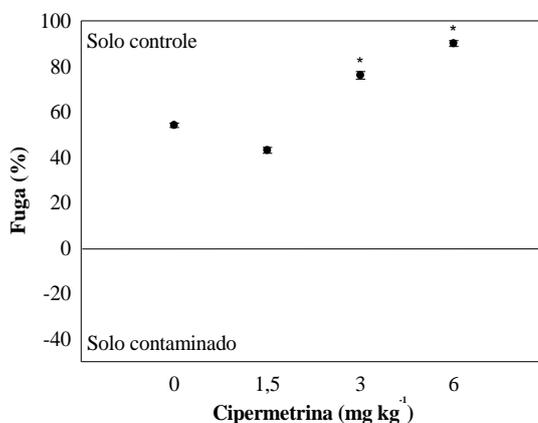
Figura 1 – Média de sobreviventes (linha) e média de juvenis nascidos (barras) de *Eisenia andrei* expostos a Latossolo Vermelho distroférico contaminado com cipermetrina.



*Diferença significativa ($p < 0,05$), médias comparadas pelo teste de Dunnett. (σ) desvio padrão ($n=5$).

A presença de cipermetrina no LVd ocasionou fuga das minhocas na concentração de 3 mg kg^{-1} (Figura 2). Dessa maneira, CENO foi $1,5 \text{ mg kg}^{-1}$ e CEO foi $3,0 \text{ mg kg}^{-1}$. Com base na análise de regressão o valor de AC50 calculado foi $1,71$ (IC– $1,48$ a $1,94 \text{ mg kg}^{-1}$).

Figura 2 – Fuga (%) de *Eisenia andrei* expostos a Latossolo Vermelho distroférico contaminado com cipermetrina.



*Diferença significativa ($p < 0,05$), médias comparadas pelo teste de Dunnett. (σ) desvio padrão ($n=5$).

4. DISCUSSÃO

Os efeitos agudos do uso de cipermetrina, em estudos na literatura científica, diretamente sobre minhocas da espécie *Eisenia foetida* apontam valores de LC50 ou seja, concentração letal a metade da população exposta, variando entre $139,2$ e $266,4 \mu\text{g cm}^{-2}$, para 24 e 72 h de exposição, respectivamente, o que mostra alta toxicidade deste composto sobre os organismos (VELKI; EČIMOVIĆ, 2015). Por outro lado, Zhou et al. (2008) observaram a mortalidade de minhocas (*Eisenia foetida* e *E. andrei*) quando expostas a cipermetrina e o valor de LC50 apresentado foi de 86 mg kg^{-1} .

No entanto, Wang et al. (2012) observaram o valor de LC50 de 10,6 $\mu\text{g cm}^{-2}$ para ensaios desenvolvidos em papel filtro. Nesse mesmo trabalho a exposição de *E. andrei* ao solo artificial apontou valores de LC50 de 1467 e 1272 mg de cipermetrina por kg de solo. Para Gupta et al. (2011) a aplicação de cipermetrina em solos de pastagem foi altamente tóxica, causando letalidade da metade da população de *E. fetida* com 0,054 mg kg^{-1} de solo. Diferente dos resultados encontrados no presente trabalho, onde não foi observada letalidade nas minhocas expostas a cipermetrina até a concentração de 6 mg kg^{-1} . Os valores encontrados na literatura ainda são controversos, porém todos apontam toxicidade desta molécula às minhocas. De acordo com USEPA (2006) esse produto tem elevada toxicidade para organismos terrestres e aquáticos e, para minhocas apresenta valores de LC50 de 26,09 $\mu\text{g cm}^{-2}$, o que representa uma dose menor do que as encontradas neste trabalho para efeitos crônicos.

Tais disfunções explicam a redução reprodutiva encontrada no presente trabalho. Redução no número de juvenis nascidos e no número de casulos de minhocas *E. fetida* e *E. andrei* foram descritos por Zhou et al. (2008) quando esses organismos foram expostos a 40 mg kg^{-1} de cipermetrina. Para Li et al. (2017) ocorreu redução no número de casulos de *E. fetida*, em apenas duas semanas de exposição, na concentração de 20 mg kg^{-1} de ciflutrina, um piretróide com modo de ação igual a cipermetrina.

A toxicidade de piretróides como cipermetrina, ainda pode ser influenciada pelas características do solo em que essa é aplicada. Desta forma, os resultados encontrados para efeito na reprodução de *E. andrei* podem ser explicados pela característica do solo estudado (Tabela 1) e que corroboram os resultados de Garcia et al. (2011) que verificaram valores de EC50 para a reprodução de *E. fetida* de 7,7 mg kg^{-1} do piretróide lambda-cialotrina, em solo artificial tropical, e EC50 de 60,27 mg kg^{-1} em solo OECD (temperado). No nosso estudo o valor estimado de EC50 foi de 2,87 mg kg^{-1} em solo latossolo com 3,9% de matéria orgânica, que é condizente com o encontrado por Garcia et al. (2011) em solo artificial tropical (SAT) com 10% de matéria orgânica, pois a matéria orgânica é dos principais componentes do solo capazes de reduzir a toxicidade de diferentes contaminantes.

Para Tripathi et al. (2010) os efeitos da cipermetrina em comunidades de minhocas estão relacionados a menor taxa de alimentação destes organismos uma vez que a mobilidade deles no ambiente fica comprometida pelo modo de ação do piretróide, em concordância a isso Sechi et al. (2014) avaliaram a perda de biomassa corporal de minhocas *E. fetida* e observaram redução quando os organismos eram expostos por 4 ou 8 semanas a 25 mg de cipermetrina kg^{-1} de solo, apresentando valores de EC10 para perda de biomassa corporal de 11,5 mg kg^{-1} , o que reafirma os efeitos crônicos encontrados no presente trabalho.

Os efeitos encontrados na avaliação de fuga por Zortéa et al. (2015), evidenciam o efeito neurotóxico que a cipermetrina apresenta. Esse princípio ativo tem como modo de ação o bloqueio dos impulsos nervosos no organismo e desta maneira causam paralisia, disfunção muscular e até mesmo a morte, Zhou et al. (2008) observaram que as minhocas possuem um amplo número de quimiorreceptores na sua superfície corporal, permitindo que percebam a presença de compostos químicos com facilidade, o que as torna bons indicadores de toxicidade com base em ensaios de comportamento.

Alterações no comportamento de minhocas foram descritas por Edwards e Brown (1982) que afirmam que minhocas expostas a contaminantes procuram camadas mais profundas do solo para se protegerem do efeito dos contaminantes e ainda entram em estado de quiescência, assim como foi observado por Tripathi et al. (2010) avaliando o efeito da alfa-cipermetrina sobre três espécies de minhocas (*Metaphire posthuma*, *Lampito mauritii* e *Perionyx sansibaricus*) observando menor atividade destes organismos quando expostas ao contaminante.



Os resultados do presente trabalho corroboram aos da literatura, uma vez que as minhocas preferem ambiente sem contaminação e nesse permaneceram, por exemplo, quando da presença de diferentes concentrações de cipermetrina.

Class e Kintrup (1991) apontam a preocupação em relação a sua utilização e as lacunas ainda encontradas sobre doses seguras e efeitos em organismos não-alvo, uma vez que os efeitos são ampliados pelo fato de a cipermetrina ter elevada persistência no ambiente e ainda apresentar toxicidade pela exposição continuada ao longo do tempo. Condições que levam a necessidade de realização de trabalhos como este, para o avanço na determinação de concentrações seguras para a utilização de cipermetrina.

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que a utilização de cipermetrina ocasiona a perda da função do solo em servir como habitat para organismos edáficos, e por consequência perda dos serviços prestados por esses organismos (BRUSSAARD, 2012), uma vez que redução na reprodução e fuga do ambiente contaminado indicam que as condições impostas ao meio (aplicação de cipermetrina) são deletérias aos organismos expostos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de cipermetrina na dose de 3 mg kg⁻¹ ocasiona redução no número de juvenis de *Eisenia andrei* em Latossolo Vermelho distroférico, bem como provoca a fuga destes organismos.

6. REFERÊNCIAS

ARNOLD, K. E.; BOXALL, A. B. A.; BROWN, A. R.; CUTHBERT, R. J.; GAW, S.; HUTCHINSON, T. H.; JOBLING, S.; MADDEN, J. C.; METCALFE, C. D.; NAIDOO, V.; SHORE, R. F.; SMITS, J. E.; TAGGART, M. A.; THOMPSON, H. M. Assessing the exposure risk and impacts of pharmaceuticals in the environment on individuals and ecosystems. **Biology Letters**, v. 9, n. 4, 2013.

BARETTA, D.; BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; CARDOSO, E. J. B. N. Earthworm populations sampled using collection methods in Atlantic forests with *Araucaria angustifolia*. **Scientia Agricola**, v. 64, n. 4, p. 384–392, 2007.

BÁRTÍKOVÁ, H.; PODLIPNÁ, R.; SKÁLOVÁ, L. Veterinary drugs in the environment and their toxicity to plants. **Chemosphere**, v. 144, p. 2290–2301, 2016.

BOTTINELLI, N.; JOUQUET, P.; CAPOWIEZ, Y.; PODWOJEWSKI, P.; GRIMALDI, M.; PENG, X. Why is the influence of soil macrofauna on soil structure only considered by soil ecologists? **Soil and Tillage Research**, v. 146, n. PA, p. 118–124, 2015.

BRUSSAARD, L. Ecosystem Service Provided by the Soil Biota. In: WALL, D. H. (Ed). **Soil Ecology and Ecosystem Services**. Oxford: Oxford University Press, p. 406, 2012.

CLASS, T. J.; KINTRUP, J. Pyrethroids as household insecticides: analysis, indoor exposure and persistence. **Fresenius' Journal of Analytical Chemistry**, v. 340, n. 7, p. 446–453, 1991.

EDWARDS, S.M. BROWN. Use of grassland plots to study the effect of pesticides on earthworm, **Pedobiologia**, v.24, p. 145–150, 1982.



GARCIA, M.; SCHEFFCZYK, A.; GARCIA, T.; RÖMBKE, J. The effects of the insecticide lambda-Cyhalothrin on the earthworm *Eisenia fetida* under experimental conditions of tropical and temperate regions. **Environmental Pollution**, v. 159, n. 2, p. 398–400, 2011.

GUPTA, R.; CHAKRAVORTY, P. P.; KAVIRAJ, A. Susceptibility of epigeic earthworm *Eisenia fetida* to agricultural application of six insecticides. **Chemosphere**, v. 84, n. 5, p. 724–726, 2011.

ISO International Organization for Standardization. 2005. **ISO 10390**. Soil quality - determination of pH. Beuth-Verlag, Berlin.

ISO International Organization for Standardization. **ISO-11268-2**: Soil quality - Effects of pollutants on earthworms (*Eisenia fetida*) – Pt 2: Method for the determination of effects on reproduction. Genève, Switzerland, p.36, 1998.

ISO International Organization for Standardization. **ISO-11274**: Soil quality - Determination of the water-retention characteristic - laboratory methods. Genève, Switzerland, p.36, 1998.

ISO - International Organization for Standardization. **ISO 17512-1**: Soil quality -- Avoidance test for determining the quality of soils and effects of chemicals on behavior -- Part 1: Test with earthworms (*Eisenia fetida* and *Eisenia andrei*). Genève, Switzerland, p.25, 2008.

LI, L.; YANG, D.; SONG, Y.; SHI, Y.; HUANG, B.; YAN, J.; DONG, X. Effects of bifenthrin exposure in soil on whole-organism endpoints and biomarkers of earthworm *Eisenia fetida*. **Chemosphere**, v. 168, p. 41–48, 2017.

LIN, Q. S.; CHEN, S. H.; HU, M. Y.; UL HAQ, M. R.; YANG, L.; LI, H. Biodegradation of cypermethrin by a newly isolated actinomycetes HU-s-01 from wastewater sludge. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 8, n. 1, p. 45–56, 2011.

LUMARET, J.-P.; ERROUSSI, F.; FLOATE, K.; ROMBKE, J.; WARDHAUGH, K. A Review on the Toxicity and Non-Target Effects of Macrocyclic Lactones in Terrestrial and Aquatic Environments. **Current Pharmaceutical Biotechnology**, v. 13, n. 6, p. 1004–1060, 2012.

REINECKE, S. A.; REINECKE, A. J. The impact of organophosphate pesticides in orchards on earthworms in the Western Cape, South Africa. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 66, n. 2, p. 244–251, 2007.

SECHI, V.; D'ANNIBALE, A.; MARALDO, K.; JOHANSEN, A.; BOSSI, R.; JENSEN, J.; KROGH, P. H. Species composition of a soil invertebrate multi-species test system determines the level of ecotoxicity. **Environmental Pollution**, v. 184, p. 586–596, 2014.

SEGAT, J. C.; ALVES, P. R. L.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Ecotoxicological evaluation of swine manure disposal on tropical soils in Brazil. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 122, p. 91–97, 2015.

TRIPATHI, G.; KACHHWAHA, N.; DABI, I. Ecophysiological category based toxicological responses in metabolism of earthworms: Impact of a pyrethroidal insecticide. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 98, n. 3, p. 333–341, 2010.



VELKI, M.; EČIMOVIĆ, S. Changes in exposure temperature lead to changes in pesticide toxicity to earthworms: A preliminary study. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 40, n. 3, p. 774–784, 2015.

WANG, Y.; CANG, T.; ZHAO, X.; YU, R.; CHEN, L.; WU, C.; WANG, Q. Comparative acute toxicity of twenty-four insecticides to earthworm, *Eisenia fetida*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 79, p. 122–128, 2012.

ZHANG, D.; DUAN, D.; HUANG, Y.; XIONG, Y.; YANG, Y.; RAN, Y. Role of structure, accessibility and microporosity on sorption of phenanthrene and nonylphenol by sediments and their fractions. **Environmental Pollution**, v. 219, p. 456–465, 2016.

ZHOU, S.; DUAN, C.; WANG, X.; MICHELLE, W. H. G.; YU, Z.; FU, H. Assessing cypermethrin-contaminated soil with three different earthworm test methods. **Journal of Environmental Sciences**, v. 20, n. 11, p. 1381–1385, 2008.

ZORTÉA, T.; BARETTA, D.; MACCARI, A. P.; SEGAT, J. C.; BOIAGO, E. S.; SOUSA, J. P.; DA SILVA, A. S. Influence of cypermethrin on avoidance behavior, survival and reproduction of *Folsomia candida* in soil. **Chemosphere**, v. 122, p. 94–98, 2015.

