

磺胺类兽药对土壤酶活性的影响

国彬, 姚丽贤, 刘忠珍, 何兆桓, 周昌敏, 李国良, 杨苞梅, 黄连喜

广东省农业科学院土壤肥料研究所//广东省养分资源循环与耕地保育重点实验室, 广东 广州 510640

摘要: 采用室内培养的方法, 研究磺胺类兽药(磺胺二甲基嘧啶、磺胺甲噁唑)污染对土壤蔗糖酶、硝酸还原酶、过氧化氢酶、磷酸酶、脲酶和多酚氧化酶活性的影响。结果表明, 磺胺类兽药可显著抑制土壤蔗糖酶的活性, 其抑制率可达50%以上。兽药对土壤硝酸还原酶活性的影响表现为先抑制后激活的趋势, 最大抑制率和激活率可达98.6%、580%。兽药对土壤过氧化氢酶活性的影响主要以激活作用为主, 对土壤磷酸酶活性的影响则呈现“激活-抑制”的循环趋势。兽药对土壤脲酶活性的影响表现为, 培养前期低浓度时激活, 高浓度时抑制; 培养后期低、高浓度时均抑制。兽药对土壤多酚氧化酶活性的影响表现为, 培养前期激活, 培养后期抑制。

关键词: 磺胺类兽药; 土壤酶活性; 抑制率; 激活率

中图分类号: X508

文献标志码: A

文章编号: 1674-5906 (2011) 05-0970-05

随着集约化、规模化养殖业的快速发展, 养殖场大量使用抗生素, 其中大部分以药物原形随粪尿排出, 不断进入环境, 含有抗生素残留的动物粪尿作为有机肥施入农田造成土壤污染, 并对土壤生态系统产生不良影响^[1-2]。Elena M C调查了奥地利施用畜禽粪的农用土壤中磺胺类兽药的残留含量为20 mg·kg⁻¹^[3]; 莫测辉调查了菜地土壤中磺胺类兽药的平均残留含量为121 μg·kg⁻¹^[4]; 唐才明、马丽丽调查了河水污灌区土壤和底泥中磺胺甲噁唑的残留含量为21.3 μg·kg⁻¹^[5-6]。土壤酶活性不仅可以作为表征农业管理实践过程中土壤质量演变的生物活性指标, 同时由于土壤酶活性易受到环境中物理、化学和生物等因素的影响, 也可以作为土壤污染的指标, 用以监测外源污染物对土壤环境质量的影响^[7-8]。

目前有关农药及重金属污染对土壤酶活性影响国内外已有较多报道^[9-13], 而针对兽药污染开展的研究见于报道的很少。Boleas 等研究发现, 土壤中 1 mg·kg⁻¹ 的四环素即可显著抑制土壤脱氨酶和磷酸酶的活性^[14]; 金彩霞研究发现磺胺间甲氧嘧啶对土壤蔗糖酶、过氧化氢酶和磷酸酶均有抑制作用, 其中对蔗糖酶的抑制作用最为明显^[7]; 姚建华、汤玮婧等人研究了土霉素对小麦根际土壤酶活性的影响^[15-16]; 刘吉强研究发现四环素和青霉素对土壤转化酶、脲酶和蛋白酶均有不同程度的抑制作用^[17]; 朱孔方研究发现, 土霉素暴露对土壤碱性磷酸酶、酸性磷酸酶和脱氨酶都有抑制作用^[18]。

磺胺类(sulfonamides, SAs)抗生素是具有对氨基苯磺酰胺结构的一类药物的总称, 长期以来被用于动物疾病的治疗和预防, 通常作为动物饲料添加

剂以亚治疗剂量添加到动物饲料中。SAs 可影响核蛋白的合成, 从而抑制细菌的生长与繁殖。SAs 不会被动物体完全吸收, 约有 50%~90% 的药物以药物原形或代谢物形式随动物粪便、尿液排出^[19-21], 因而依然具有生物活性, 当排入环境中后, 它们会对土壤生态系统产生影响。本文选取磺胺二甲基嘧啶和磺胺甲噁唑为供试药物, 通过研究这 2 种药物对土壤酶活性的影响, 了解其对土壤生态系统的生态毒理效应, 以便为磺胺类抗生素的环境安全性评价提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

供试土壤采自广东省农业科学院试验田菜园土壤 0~20 cm 耕作层, 未受抗生素污染。其理化性质为: 干容重为 1.43 g·cm⁻³、有机质含量为 1.46%、阳离子交换量(CEC)为 6.22 cmol·kg⁻¹、pH 值为 6.01、有效磷为 42.37 mg·kg⁻¹、速效钾 65.4 mg·kg⁻¹、土壤质地为砂质粘壤土。试验前, 将土壤风干, 磨碎并混合均匀, 过 2 mm 筛后备用。

1.2 供试试剂

供试药物磺胺二甲基嘧啶(SM2)为佛山市南海北沙制药有限公司提供, 磺胺甲噁唑(SMZ)为寿光富康制药有限公司提供, 含量均≥99%, 2 种磺胺药物的标准样品、甲醇和乙腈为 Sigma 公司提供, 其他试剂则均为分析纯, 由广州试剂厂提供。

1.3 试验方法

分别称取 SM2、SMZ 兽药各 6.00 mg 和 30.00 mg, 用丙酮溶解, 于 25 mL 棕色容量瓶中定容, 配制成质量浓度分别为 240 mg·L⁻¹、1 200 mg·L⁻¹ 的

基金项目: 广东省农科院科技支撑项目(07-支撑-32); 广东省农科院院长基金项目(20090106); 公益性行业(农业)科研专项(3-26)

作者简介: 国彬(1984年生), 男, 研究实习生, 硕士, 主要从事生态与土壤环境研究。E-mail: alexander-laogui@163.com

收稿日期: 2011-04-25

SM2与SMZ的混合储备溶液，4℃冰箱保存备用。

称取每份土壤样品 600 g，装入 500 mL 塑料烧杯中。将样品分成 3 组，编号为 CK、T1、T2。其中，CK（空白对照组，未添加磺胺类药物），T1（土壤中 2 种磺胺类药物含量均为 10 mg·kg⁻¹）、T2（土壤中 2 种磺胺类药物含量均为 50 mg·kg⁻¹）。为避免丙酮对土壤微生物活性产生影响，将烧杯置于通风橱中，用玻璃棒搅拌至丙酮完全蒸发^[21]。加入去离子水，使样品含水量达到田间饱和持水量的 60%。用 parafilm 封口膜将烧杯口盖住，留 6~8 个直径为 1 mm 的小洞在封口膜上，使烧杯内气体和外界流通以保持微生物活性。将烧杯置于 25℃ 恒温培养箱中进行避光培养 49 d，每周对样品进行称重，补充水分，使其含水量保持稳定。于 0、0.5、1、2、4、8、12、25、49 d 测定土壤中 SM2、SMZ 的含量，每处理重复 3 次。

土壤酶活性的测定参见关松荫等方法^[22-23]：过氧化氢酶采用高锰酸钾滴定法，脲酶采用靛酚蓝比色法测定，磷酸酶采用磷酸苯二钠比色法，蔗糖酶采用硝酸水杨酸比色法测定，硝酸还原酶采用酚二磺酸比色法分析，多酚氧化酶用紫色没食子素比色法测定。

2 结果与讨论

2.1 磺胺类兽药残留对土壤蔗糖酶活性的影响

土壤蔗糖酶又名转化酶，与土壤有机质、氮、磷含量，微生物数量及土壤呼吸强度等土壤因子具有很好的相关性。磺胺类兽药残留对土壤蔗糖酶活性的影响见图 1。可以看出，与 CK 相比，施加磺胺类药物后的第 0 d，T1 和 T2 对蔗糖酶活性即呈现了明显的抑制作用，其抑制率分别为 31.7%、28.3%；在 0~4 d 内，各处理组的蔗糖酶活性基本呈逐渐升高的趋势；在 4~25 d 内，CK 的蔗糖酶活性继续逐渐升高，而 T1 和 T2 的蔗糖酶活性反而逐渐降低，其抑制率开始增强，均达到 50% 以上；在 25~49 d 内，各处理组的蔗糖酶活性恢复逐渐升高的趋势，当第 49 d 时，T1 和 T2 对蔗糖酶活性的抑

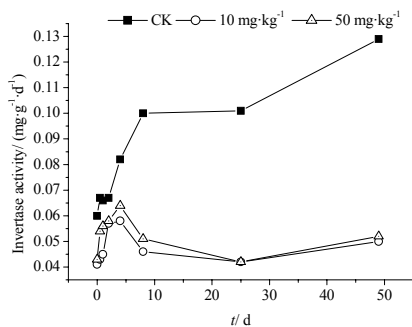


图 1 磺胺类兽药残留对土壤蔗糖酶活性的影响
Fig.1 Effects of sulfonamides residues on activity of invertase in soil

制率达到了最大值，分别为 61.2%、59.7%。从总体上看，在试验浓度内，磺胺类兽药对土壤蔗糖酶活性具有较强的抑制作用，且 T1 对土壤蔗糖酶活性的抑制作用较 T2 要显著。

2.2 磺胺类兽药残留对土壤硝酸还原酶活性的影响

磺胺类兽药残留对土壤硝酸还原酶活性的影响见图 2。可以看出，与 CK 相比，施加磺胺类药物后的第 0 d，T1 和 T2 对硝酸还原酶活性即呈现

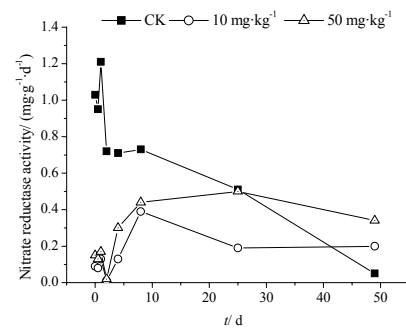


图 2 磺胺类兽药残留对土壤硝酸还原酶活性的影响
Fig.2 Effects of sulfonamides residues on activity of nitrate reductase in soil

了明显的抑制作用，其抑制率分别为 91.3%、85.4%；在 0~2 d 内，各处理组的硝酸还原酶活性基本呈“降低-升高-降低-升高”的趋势，且在第 2 d 时，T1 和 T2 对硝酸还原酶活性的抑制率达到了最大，分别为 98.6%、97.2%；在 0~25 d 内，T1 和 T2 对硝酸还原酶活性均表现为抑制作用，表明培养试验前期，磺胺类兽药对土壤硝酸还原酶活性有较强的抑制作用，且 T1 对土壤硝酸还原酶活性的抑制作用较 T2 要显著。当第 49 d 时，CK 的硝酸还原酶活性达到最低值，此时 T1 和 T2 对硝酸还原酶活性由抑制作用转为激活作用，其激活率分别为 300%、580%。表明培养试验后期，磺胺类兽药对土壤硝酸还原酶活性有一定的激活作用。

2.3 磺胺类兽药残留对土壤过氧化氢酶活性的影响

过氧化氢酶广泛存在于土壤和生物体内，其活性与土壤呼吸作用、微生物活动、好氧微生物数量以及土壤肥力有着密切的联系^[24]，因此是表征土壤生物学特征（好氧微生物的指示物）的重要酶类。磺胺类兽药残留对土壤过氧化氢酶活性的影响见图 3。可以看出，在 0~1 d 内，T1 与 CK 的过氧化氢酶活性差异较小且变化趋势不明显，与 CK 相比，T2 对过氧化氢酶活性在第 0 d 时呈现抑制作用，其后基本呈现激活作用；当第 2 d 时，各处理组的过氧化氢酶活性均有所降低，T1 和 T2 的过氧化氢酶活性抑制率分别为 19.4%、27.8%；在 4~49 d 内，各处理组的过氧化氢酶活性均呈升高趋势，T1 和

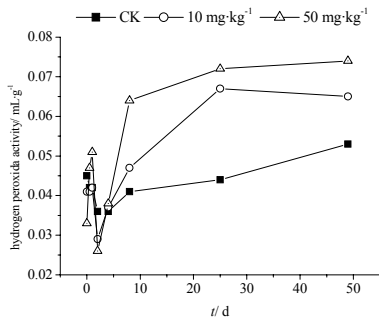


图3 磺胺类兽药残留对土壤过氧化氢酶活性的影响

Fig.3 Effects of sulfonamides residues on activity of hydrogen peroxidase in soil

T2 对过氧化氢酶活性均呈现激活作用, 并且 T2 的激活率要高于 T1 的; 当培养试验结束时, 其激活率分别为 22.6%、39.6%。从总体上看, 在试验浓度内, 磺胺类兽药对土壤过氧化氢酶活性主要表现为激活作用。

在试验浓度内, 磺胺类兽药对土壤中过氧化氢酶活性主要表现出激活作用。这可能是当药物进入土壤后, 由于土壤中存在大量营养物质(如碳源等), 部分好氧微生物的增殖, 使得过氧化氢酶活性得以激活; 另一方面, 微生物为减少其对自身的毒害需要通过氧化代谢作用将其分解, 而为了保护自身不受氧化剂—过氧化氢的危害则必须产生过氧化氢酶以分解残留于体内的过氧化氢。因此, 微生物在受到污染物干扰的时候会产生一定的过氧化氢酶激活效应^[25]。

2.4 磺胺类兽药残留对土壤磷酸酶活性的影响

土壤磷酸酶对于土壤中含磷物质的循环具有重要作用。磺胺类兽药残留对土壤磷酸酶活性的影响见图 4。可以看出, 与 CK 相比, 施加磺胺类药物后的第 0 d, T1 和 T2 对磷酸酶活性即呈现了一定的激活作用, 其激活率分别为 9.2%、6.9%; 在 0.5~8 d 内, T1 和 T2 对磷酸酶活性的影响呈现“抑制-激活-抑制-激活”的趋势, 其激活作用(激活率

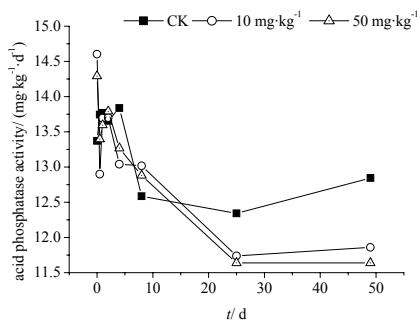


图4 磺胺类兽药残留对土壤磷酸酶活性的影响

Fig.4 Effects of sulfonamides residues on activity of acid phosphatase in soil

在 0.3%~3.4% 之间) 与抑制作用(抑制率在 0.5%~6.2% 之间) 均不明显; 在 25~49 d 内, T1 和 T2 对磷酸酶活性的影响均呈现抑制作用, 当培养试验结束时, 其抑制率分别为 7.7%、9.4%。从整体上看, 在试验浓度内, 磺胺类兽药对土壤磷酸酶活性的影响呈现“激活-抑制”的循环趋势。

2.5 磺胺类兽药残留对土壤脲酶活性的影响

脲酶是氮素循环的一种关键性酶, 可以促进土壤尿素分子中酰胺氮键的水解, 生成的氨是植物氮素营养来源之一, 在氮肥利用和土壤氮素代谢方面有重要的意义。脲酶活性的高低与土壤营养物质转化能力、肥力水平、污染状况密切相关。磺胺类兽药残留对土壤脲酶活性的影响见图 5。可以看出, 与 CK 相比, 施加磺胺类药物后的第 0 d, T1 对脲酶活性呈现了微弱的激活作用, 其激活率为 8.6%,

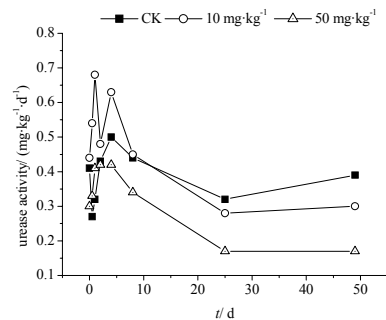


图5 磺胺类兽药残留对土壤脲酶活性的影响

Fig.5 Effects of sulfonamides residues on activity of urease in soil

而 T2 对脲酶活性则呈现了一定的抑制作用, 其抑制率为 25.4%; 在 0.5~1 d 内, T1 对脲酶活性呈现显著的激活作用, 其激活率达到 100% 以上, T2 对脲酶活性也由抑制作用转为激活作用, 其激活率在 20% 以上; 在 2~8 d 内, T1 对脲酶活性继续呈现一定的激活作用, 其激活率在 2%~25.8% 之间, 而 T2 对脲酶活性则由激活作用转为抑制作用, 其抑制率在 3.5%~23.4% 之间。表明培养试验前期, T1 对土壤脲酶活性有一定的激活作用, T2 对土壤脲酶活性有一定的抑制作用。在 25~49 d 内, T1 和 T2 对脲酶活性均呈现抑制作用, 且 T2 的抑制作用大于 T1。表明培养试验后期, 磺胺类兽药对土壤脲酶活性有一定的抑制作用, 且 T2 对土壤脲酶活性的抑制作用较 T1 要显著。土壤中的脲酶主要来源于植物根系及土壤中的细菌和真菌^[22], 磺胺类药物可能是通过影响核蛋白的合成, 从而抑制细菌的生长与繁殖, 最终对脲酶活性产生抑制作用。

2.6 磺胺类兽药残留对土壤多酚氧化酶活性的影响

磺胺类兽药残留对土壤多酚氧化酶活性的影响见图 6。可以看出, 与 CK 相比, 施加磺胺类药

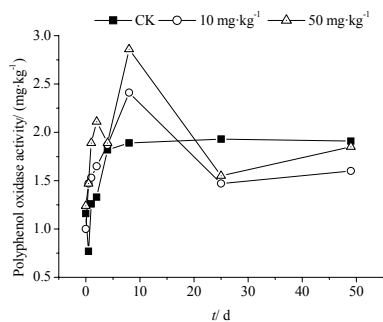


图6 磺胺类兽药残留对土壤多酚氧化酶活性的影响

Fig.6 Effects of sulfonamides residues on activity of polyphenol oxidase in soil

物后的第0 d, T1对多酚氧化酶活性即呈现了一定的抑制作用,其抑制率为14.0%,而T2则呈现一定的激活作用,其激活率为6.3%;在0.5~8 d内,T1和T2对多酚氧化酶活性均呈现激活作用,当第0.5 d时,T1和T2对多酚氧化酶活性的激活作用达到最大,其激活率均为92.2%;表明培养试验前期,磺胺类兽药对土壤多酚氧化酶活性有一定的激活作用,且T2对土壤多酚氧化酶活性的激活作用较T1要显著。在25~49 d内,T1和T2对多酚氧化酶活性均呈现抑制作用,且T1对土壤多酚氧化酶活性的抑制作用较T2要显著,当培养试验结束时,T1和T2的抑制率分别为13.7%、2.8%;表明培养试验后期,磺胺类兽药对土壤多酚氧化酶活性有一定的抑制作用。

3 结论

通过研究在设定不同浓度条件下磺胺类兽药对土壤蔗糖酶、硝酸还原酶、过氧化氢酶、磷酸酶、脲酶及多酚氧化酶6个指标的影响,得到以下结论:

(1) 磺胺类兽药对土壤蔗糖酶活性具有较强的抑制作用,且相对较低浓度磺胺类兽药(土壤SAs质量分数为 $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)对土壤蔗糖酶活性的抑制效应>相对较高浓度磺胺类兽药(土壤SAs质量分数为 $50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)。

(2) 磺胺类兽药对土壤硝酸还原酶活性的影响表现为先抑制后激活的规律,在第49 d前,磺胺类兽药对土壤硝酸还原酶活性有较强的抑制作用,且相对较低浓度磺胺类兽药(土壤SAs质量分数为 $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)对土壤硝酸还原酶活性的抑制作用>相对较高浓度磺胺类兽药(土壤SAs质量分数为 $50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)。当培养试验结束时,磺胺类兽药对土壤硝酸还原酶活性有一定的激活作用。

(3) 磺胺类兽药对土壤过氧化氢酶活性主要表现为激活作用,且相对较高浓度磺胺类兽药(土壤SAs质量分数为 $50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)对土壤过氧化氢酶活性的激活作用>相对较低浓度磺胺类兽药(土壤SAs

质量分数为 $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)。

(4) 磺胺类兽药对土壤磷酸酶活性的影响呈现“激活-抑制”的循环趋势。

(5) 培养试验前期,相对较低浓度磺胺类兽药(土壤SAs质量分数为 $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)对土壤脲酶活性有一定的激活作用,而相对较高浓度磺胺类兽药(土壤SAs质量分数为 $50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)对土壤脲酶活性有一定的抑制作用。培养试验后期,磺胺类兽药对土壤脲酶活性有一定的抑制作用,且相对较高浓度磺胺类兽药(土壤SAs质量分数为 $50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)对土壤脲酶活性的抑制作用>相对较低浓度磺胺类兽药(土壤SAs质量分数为 $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)。

(6) 培养试验前期,磺胺类兽药对土壤多酚氧化酶活性有一定的激活作用,且相对较高浓度磺胺类兽药(土壤SAs质量分数为 $50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)对土壤多酚氧化酶活性的激活作用>相对较低浓度磺胺类兽药(土壤SAs质量分数为 $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)。培养试验后期,磺胺类兽药对土壤多酚氧化酶活性有一定的抑制作用。

参考文献:

- [1] KEMPER N. Veterinary antibiotics in the aquatic and terrestrial environment[J]. *Ecological Indicators*, 2008, 8(1): 1-13.
- [2] 孔维栋,朱永官. 抗生素类兽药对植物和土壤微生物的生态毒理学效应研究进展[J]. *生态毒理学报*, 2007, 2(1): 1-9.
KONG Weidong, ZHU Yongguan. A review on ecotoxicology of veterinary pharmaceuticals to plants and soil microbes[J]. *Asian Journal of Ecotoxicology*, 2007, 2(1): 1-9.
- [3] ELENA M C, CARMEN G B, SCHARF S, et al. Environmental monitoring study of selected veterinary antibiotics in animal manure and soils in Austria[J]. *Environmental Pollution*, 2007, 148: 1-10.
- [4] 李彦文,莫测辉,赵娜,等. 菜地土壤中磺胺类和四环素类抗生素污染特征研究[J]. *环境科学*, 2009, 30(6): 1762-1766.
LI Yanwen, MO Cehui, ZHAO Na, et al. Investigation of sulfonamides and tetracyclines antibiotics in soils from various vegetable fields[J]. *Environmental Science*, 2009, 30(6): 1762-1766.
- [5] 唐才明,黄秋鑫,余以义. 污泥和沉积物中微量大环内酯类、磺胺类抗生素、甲氧苄啶和氯霉素的测定[J]. *分析化学*, 2009, 37(8): 1119-1124.
TANG Caiming, HUANG Qiuxin, YU Yiyi. Multiresidue determination of sulfonamides, macrolides, trimethoprim and chloramphenicol in sewage sludge and sediment using ultrasonic extraction coupled with solid phase extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry[J]. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 2009, 37(8): 1119-1124.
- [6] 马丽丽,郭昌胜,胡伟,等. 固相萃取-高效液相色谱-串联质谱法同时测定土壤中氟喹诺酮、四环素和磺胺类抗生素[J]. *分析化学*, 2010, 38(1): 21-26.
MA Lili, GUO Changsheng, HU Wei, et al. Simultaneous extraction and determination of eighteen fluoroquinolone, tetracycline and sulfonamide antibiotics from soils using solid-phase extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry[J]. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 2010, 38(1): 21-26.
- [7] 金彩霞,刘军军,陈秋颖,等. 兽药磺胺间甲氧嘧啶对土壤呼吸及酶活性的影响[J]. *农业环境科学学报*, 2010, 29(2): 314-318.
JIN Caixia, LIU Junjun, CHEN Qiuying, et al. Effects of sulfamonomethoxine on soil respiration and enzyme activity[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2010, 29(2): 314-318.

- [8] 李兆君, 徐建明, 梁永超, 等. 甲磺隆结合残留对土壤酶活性的影响[J]. 生态毒理学报, 2008, 3(5): 499-506.
LI Zhaojun, XU Jianming, LIANG Yongchao, et al. Effects of bound residues of metsulfuron-methyl on soil enzymatic activities[J]. Asian Journal of Ecotoxicology, 2008, 3(5): 499-506.
- [9] SANNINO F, GIANFREDA L. Pesticide influence on soil enzymatic activities [J]. Chemosphere, 2001, 45(7): 417-425.
- [10] 于寿娜, 廖敏, 黄昌勇. 镉、汞复合污染对土壤脲酶和酸性磷酸酶活性的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(8): 1841-1847.
YU Shouna, LIAO Min, HUANG Changyong. Effects of cadmium and mercury combined pollution on soil urease and acid phosphatase activities[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(8): 1841-1847.
- [11] 杨志新, 刘树庆. 重金属 Cd、Zn、Pb 复合污染对土壤酶活性的影响[J]. 环境科学学报, 2001, 21(1): 60-63.
YANG Zhixin, LIU Shuqing. Effect of compound pollution of heavy metals on soil enzymatic activities[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2001, 21(1): 60-63.
- [12] 谢显传, 张少华, 王冬生, 等. 阿维菌素对蔬菜地土壤微生物及土壤酶的生态毒理效应[J]. 土壤学报, 2007, 44(4): 740-743.
XIE Xianchuan, ZHANG Shaohua, WANG Dongsheng, et al. Eco-toxicological effects of abamectin on vegetable-growing soil microorganisms and enzymes activity[J]. Acta Pedologica Sinica, 2007, 44(4): 740-743.
- [13] 闫颖, 袁星, 樊宏娜. 五种农药对土壤转化酶活性的影响[J]. 中国环境科学, 2004, 24(5): 588-591.
YAN Ying, YUAN Xing, FAN Hongna. Influence of five pesticides on invertase activity in soil[J]. China Environmental Science, 2004, 24(5): 588-591.
- [14] Sara Boleas, Carmen Alonso, Javier Pro, et al. Toxicity of the antimicrobial oxytetracycline to soil organisms in a multi-species-soil system(MS-3)and influence of manure co-addition[J]. Journal of Hazardous Materials, 2005, 122: 233-241.
- [15] 姚建华, 牛德奎, 李兆君, 等. 抗生素土霉素对小麦根际土壤酶活性和微生物生物量的影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(4): 721-728.
YAO Jianhua, NIU Dekui, LI Zhaojun, et al. Effects of antibiotics oxytetracycline on soil enzyme activities and microbial biomass in wheat rhizosphere[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2010, 43(4): 721-728.
- [16] 汤玮婧, 杨清香. 土霉素对土壤微生物活性及群落的影响[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(1): 70-73.
TANG Weijing, YANG Qingxiang. Effect of terramycin on activity and communities of soil microbe[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2009, 48(1): 70-73.
- [17] 刘吉强. 两种外源抗生素对菜田土壤微生物特性及酶活性的影响[D]. 泰安:山东农业大学硕士学位论文. 2009.
LIU Jiqiang. Two kinds of antibiotics on soil microbial properties and vegetable enzyme activity[D]. Shandong Agricultural University. 2009.
- [18] 朱孔方. 抗生素暴露对土壤微生物和土壤酶活性的影响[D]. 新乡:河南师范大学硕士学位论文. 2009.
ZHU Kongfang. Antibiotic exposure on soil microorganisms and soil enzyme activities[D]. Henan Normal University. 2009.
- [19] HALLER M Y, MULLER R S, MCARDELL C S, et al. Quantification of veterinary antibiotics (sulfonamides and trimethoprim) in animal manure by liquid chromatography-mass spectrometry[J]. J Chromatogr A, 2002, 952: 111-120.
- [20] Xian-Gang HUa, Luo Yia, Qi-Xing ZHOU, et al. Determination of thirteen antibiotics residues in manure by solid phase extraction and high performance liquid chromatography[J]. Chinese Journal of Analytical Chemistry, 2008, 36(9):1162-1166.
- [21] Ling Zhao, Yuan Hua Dong, Hui Wang. Residues of veterinary antibiotics in manures from feedlot livestock in eight provinces of China[J]. Science of the Total Environment, 2010, 408: 1069-1075.
- [22] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
GUAN Songyin. Soil enzymes and their researching methods[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1986.
- [23] 许光辉, 郑洪元. 土壤微生物分析方法手册[M].北京:农业出版社,1986.
XU Guanghui, ZHENG Hongyuan. Manual of analyses for soil microorganisms[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1986.
- [24] MARGESIN R, WALDER G, SCHINNER F. The impact of hydrocarbon remediation (diesel oil and polycyclic aromatic hydrocarbons) on enzyme activities and microbial properties of soil [J]. Acta Biotechnol, 2000, 20: 313-333.
- [25] 刘莉莉, 林匡飞, 苏爱华, 等. 四溴双酚A对土壤酶活性的影响[J]. 环境污染与防治, 2008, 30(6): 13-16.
LIU Lili, LIN Kuangfei, SU Aihua, et al. Effects of tetrabromobisphenol A on soil enzyme activities[J]. Environmental Pollution & Control, 2008, 30(6): 13-16.

Impact of sulfonamide veterinary drugs on soil enzymes activity

GUO Bin, YAO Lixian, LIU Zhongzhen, HE Zhaohuan, ZHOU Changmin,

LI Guoliang, YANG Baomei, HUANG Lianxi

Soil and Fertilizer Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences//Key Laboratory of Nutrient Cycling and Farm Land Conservation, Guangzhou 510640, China

Abstract: The effects of veterinary sulfonamides (sulfamethazine, sulfamethoxazole) pollution on soil invertase, nitrate reductase, hydrogen peroxidase, phosphatase, urease and polyphenol oxidase activity were studied by indoor cultivating. The results show that soil invertase was obviously inhibited by veterinary sulfonamides, the inhibition rate reached above to 50%. The effects of soil nitrate reductase activity showed the trends of early inhibition and lately activation by veterinary drugs, the maximum inhibition rate and activation rate reached 98.6% and 580%, respectively. The effects of soil hydrogen peroxidase activity and soil phosphatase activity were mainly for activation and presented the recycling trends of "activation - inhibition" by veterinary drugs, respectively. The effects of soil urease activity show that activated and inhibited at the low level and at the high level by veterinary drugs in the early of culture experiment, respectively, and showed inhibited both at the low level and at the high level in the late of culture experiment. The effects of soil polyphenol oxidase activity show that activated in the early of culture experiment and inhibited in the late of culture experiment by veterinary drugs.

Key words: veterinary sulfonamides; soil enzymes activity; inhibition rate; activation rate