

乐果和杀虫双污染对 蚯蚓体内蛋白质含量的影响

孙仕仙¹, 陶瑞², 张庆蛟¹, 李永梅^{3*}

(1. 西南林业大学 生物多样性保育国家林业局重点实验室, 云南 昆明 650224; 2. 云南财经大学 基建处, 云南 昆明 650221; 3. 云南农业大学 资源与环境学院, 云南 昆明 650201)

摘要: 近年来, 土壤环境受到越来越严重的污染, 其中一个很重要的原因是农药的滥用造成的, 目前农药对土壤动物(尤其是蚯蚓)的影响受到极大重视并成为研究热点。为评价土壤的农药污染程度, 选用乐果和杀虫双及其二者复合对蚯蚓进行染毒试验, 采用滤纸法研究不同浓度农药污染对赤子爱蚯蚓体内蛋白质含量的影响。结果表明: 蚯蚓体内蛋白质含量在乐果污染 24 h 和 48 h 均比对照显著增加 ($P < 0.05$)。随着乐果浓度的升高, 蚯蚓体内蛋白质含量呈现出先增加后降低的趋势, 而随杀虫双浓度的升高, 蛋白质含量的影响没有明显的规律性; 不同浓度处理之间差异显著 ($P < 0.05$), 同一浓度处理 24 h 和 48 h 之间有极显著的差异 ($P < 0.01$); 固定乐果浓度 (60 mg/kg) 分别和不同浓度杀虫双处理 24 h 和 48 h, 蚯蚓体内蛋白质含量随着杀虫双浓度的升高, 均呈现出升高—降低—升高的锯齿型变化曲线, 各复合处理之间有显著差异 ($P < 0.05$); 回归分析结果表明, 蚯蚓体内蛋白质含量与乐果和杀虫双浓度存在一定剂量—效应关系, 其关系曲线均为抛物线型, 乐果对蚯蚓体内蛋白质含量的影响高于杀虫双。因此可利用蚯蚓体内蛋白质含量的变化较好的指示乐果对蚯蚓的毒性作用, 对杀虫双的毒性作用指示效果较乐果差。

关键词: 乐果; 杀虫双; 蚯蚓; 蛋白质含量

中图分类号: X835 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)02-0298-06

Effects of Dimethoate and Dimehypo Pollution on Protein Content of Earthworm

SUN Shi-xian¹, TAO Rui², ZHANG Qing-jiao¹, LI Yong-mei^{3*}

(Biodiversity Conservation Laboratory of the State Forestry Administration, Southwest Forestry University, Kunming, 650224, China; 2. Infrastructure Department, Yunnan University of Finance and Economics, Kunming, 650221, China; 3. School of Resources and Environment, Yunnan Agriculture University, Kunming 650201, China)

Abstract: The content of earthworm's esoteric protein increased significantly compared with that of the control ($P < 0.05$) after contaminated by dimethoate 24 hours and 48 hours respectively, with the dimethoate concentration increasing, earthworm's esoteric protein content increased first and then decreased, while it had no obvious regularity in the increase of dimehypo's concentration. The effects of different concentrations on the content of protein was significant ($P < 0.05$). Treated for 24 hours and 48 hours with the same concentration

收稿日期: 2011-11-30 修回日期: 2011-12-28

基金项目: 云南省科技厅省院省校合作项目(2006yx35)和云南省“十五”科技攻关项目(2002NG03)

作者简介: 孙仕仙(1979—), 女, 讲师, 博士生, 主要从事农用化学物质与环境保护研究, E-mail: shine1009@sina.com;

* 通讯作者: 李永梅, 教授, 博士, E-mail: youngmaylee@126.com。

the different was significant ($P < 0.01$); Fixed dimethoate concentration (60 mg/kg) combined with different concentrations of dimehypo respectively, the content of earthworm's esoteric protein showed zigzag curves (increasing-descending-increasing) treated for 24 hours or 48 hours with the dimethoate concentrations increasing, there was significant difference between different composite treatments ($P < 0.05$). Regression analysis showed that the content of earthworm's esoteric protein was related with the concentrations of dimethoate and dimehypo to some extent, and its' relationship appeared as a parabolic curve, the effect of dimethoate on earthworm's protein content was greater than that of dimehypo. Therefore, the change of protein content of earthworms can be used to indicate the toxicity of dimethoate on earthworms, the indicative effect of dimehypo's toxicity was poorer than that of dimethoate.

Key words: dimethoate; dimehypo; earthworm; protein content

1 前 言

随着云南省设施蔬菜的种植面积逐年增多,设施蔬菜在高收益的同时,因存在种植茬口多、品种单一、高温高湿小环境等多因素会加剧某些病虫害发生,直接结果是一定程度上增加了农药的使用量^[1]。机磷农药是目前世界上生产和使用最多的农药品种之一,占农药总生产量的 70%^[2]。在我国,乐果(dimethoate)是一种大量生产并使用的有机磷农药,化学名称为 O,O-二甲基-S-(CN-甲基氨基酸甲基)二硫代磷酸脂,为中等毒性的内吸性有机磷类杀虫剂,其杀虫谱广,目前很多国家已将乐果确定为环境优先污染物^[3]。杀虫双(dimehypo)是我国 20 世纪 70 年代自行开发研制的一种沙蚕毒素类仿生杀虫剂,毒性中等,具有内吸性强、杀虫谱广等特点。它的各种剂型已在我国多种作物,如粮食、蔬菜、果树等害虫防治中应用^[4]。包括无公害蔬菜生产,乐果和杀虫双也是蔬菜病虫害大发生时允许使用化学农药。通过对云南省昆明市呈贡县典型的设施蔬菜种植户,农药销售点的走访调查,乐果和杀虫双是当地蔬菜种植户常用防治蔬菜虫害的农药。包括无公害蔬菜生产,乐果和杀虫双也是蔬菜病虫害大发生时允许使用的化学农药。农药过量使用给设施蔬菜地土壤带来了污染、残留等一系列负面影响。土壤是农药在环境中的“贮藏库”与“集散地”,农药通过各种途径进入土壤,从而使土壤环境的污染日趋严重^[5-6]。虽然土壤自身的净化作用可以减少土壤中农药的污染程度,但是如果进入土壤中的农药含量在数量和速度上超过土壤的自净能力,终将会导致土壤的农药污染,最终导致土壤环境的恶化^[7]。

蚯蚓作为陆地上生物量最大的一类土壤动物,是农田生态系统土壤物质小循环中的重要一环,在维持土壤肥力方面起着非常重要的作用,也影响着农田生态系统中的物质循环和能量流动,在食物链中起着污染物传递的桥梁作用,由于具有独特的生物学特征,被广泛用做指示土壤环境污染状况的标准化测试物种之一^[8]。蛋白质是生命的物质基础,是执行生命过程各种活动的主要分子,生物体内有许多种蛋白质,控制和影响着生物体不同的生理功能。蛋白质在某些理化因素的作用下会发生变性或复性,绝大多数蛋白质分子的变性是不可逆的,即不能复性,农药对生物体内的蛋白质含量也具有一定的影响^[9]。农药污染土壤中不但蚯蚓体重受到影响,而且蚯蚓的蛋白质、氨基酸、葡萄糖等体内物质也发生了变化,有人已应用蚯蚓的蛋白质含量减少和酶活性的增加来评价农药对蚯蚓的影响。Mosleh 等^[10]发现氟啶脲(chlorfluazuron)处理的土壤中蚯蚓体内的可溶性蛋白质含量 1 周后下降了 54.21%,Ismail 等^[11]研究表明,当土壤中农药涕灭威(aldicarb)的浓度为 LC_{25} 时,蚯蚓(*Aporrectodea caliginosa*)的蛋白质含量与空白比较下降了 39.07%。因此蚯蚓体内蛋白质含量变化可作为土壤毒理诊断的指标^[12]。目前,关于乐果和杀虫双对蚯蚓体内蛋白质含量影响的研究未见报道。本研究通过测定 2 种农药——乐果和杀虫双对蚯蚓体内蛋白质含量的影响,分析农药使用与蚯蚓体内蛋白质含量的关系,以探讨利用蚯蚓体内蛋白质含量作为评价土壤农药污染程度的指标,为指导农药的合理使用提供理论依据。

2 材 料 和 方 法

2.1 实验动物

爱胜蚓属正蚓科赤子爱胜蚓(*Eisenia foetida*):由重庆蚯蚓养殖场提供。是国际上蚯蚓毒性试验常

用品种,对污染物有中等的敏感性。试验前先在土壤(采自西南林业大学附近村庄菜田 0~15 cm 表层土壤 pH 值为 5.5~6.0,在阴凉处风干,研细,过 30 目筛。)中预培养 1 周后,选择大小相近,体质量在 300 mg 左右,环带明显的蚯蚓进行试验。

2.2 实验试剂

40% 乐果乳油(昆明农药有限公司),18% 杀虫双水剂(重庆农药化工有限公司),考马斯亮兰蛋白质测定试剂盒(南京建成生物工程研究所)。

2.3 实验设计与处理

2.3.1 试验前的预处理和染毒试验 将挑选的蚯蚓洗净表面泥土后放入 1 L 的已润湿的大烧杯中,用黑色塑料薄膜(已用解剖针在塑料薄膜上扎孔)封口,置于暗处清肠一昼夜(以除去肠道内的杂物等)。实验时,在直径为 15 cm 的玻璃培养皿内垫入双层直径为 15 cm 的滤纸。分别添加 5 mL 相应浓度的农药溶液,均匀地淋洒于垫于玻璃培养皿中的双层滤纸上。染毒实验时将清肠后的蚯蚓表面冲洗干净后,用滤纸吸蚯蚓表面的水分,每 15 条蚯蚓放入一个培养皿中。盖上培养皿盖以保证蚯蚓生活在湿度相对稳定的环境中。将培养皿放在 20 ℃、无光照的条件下培养 48 h,定期观察并记录蚯蚓的死亡数(刺激蚯蚓尾部无反应时认为蚯蚓已死亡),并计算蚯蚓在 24 h、48 h 的死亡率。

2.3.2 试验设计和处理 试验设 15 处理,包括不同浓度乐果处理 5 个,不同浓度除虫双处理 5 个,不同浓度的杀虫双和固定乐果浓度(60 mg/kg)复合处理 5 个,每个处理组设置 1 个空白对照处理,对照和各处理均各设 3 个重复。在正式试验前进行大量的预实验,以确立精确的农药试验浓度范围,确保 48 h 死亡率不超过 50%,并在此范围内设置 5 个浓度梯度进行蚯蚓正式试验,同时采集存活的蚯蚓样品进行蛋白质含量的测定。处理前蚯蚓蛋白质含量为 0.8 g/L。

2.4 测定方法

分别于 24 h、48 h 采集蚯蚓存活样品,称质量,按质量体积比加入生理盐水制备成 10% 的组织匀浆,3 000 r/min,4 ℃ 离心 10 min,然后取组织匀浆上清液,再用生理盐水按 1:9 的比例稀释成 1% 的组织匀浆,待测。按试剂盒说明方法测定,于 595 nm 处,蒸馏水调零,1 cm 光径,测各管吸光光度值(OD)值。

$$\text{蛋白质含量(g/L)} = \frac{\text{测定管吸光度}}{\text{标准管吸光度}} \times \text{标准管浓度(g/L)} \quad (1)$$

2.5 数据处理

实验数据结果用 SPSS13.0 软件进行处理,所给的结果均为平均数 ± 标准差。并用回归方法分析污染的剂量-效应关系,以相关系数表明相关程度。

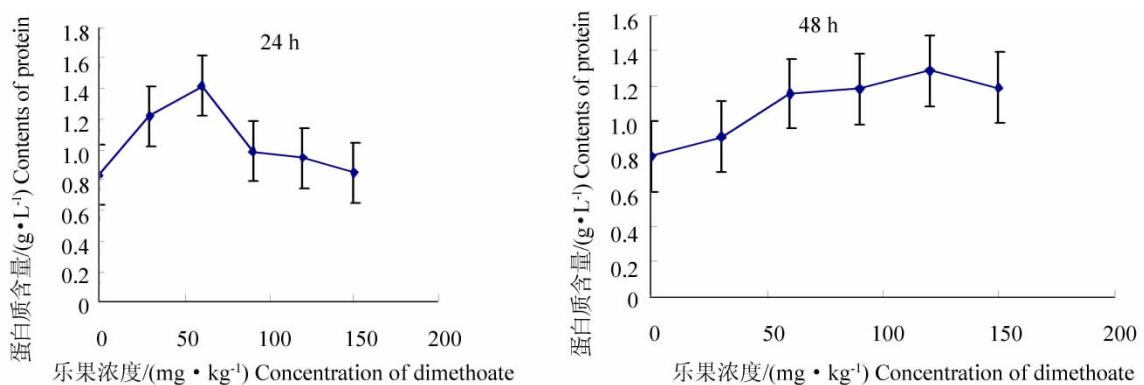


图 1 乐果处理 24 h 和 48 h 对蚯蚓体内蛋白质含量的影响

Fig. 1 Effects of dimethoate with different concentrations on protein contents of earthworm after polluted 24 hours and 48 hours

3 实验结果与分析

3.1 乐果对蚯蚓蛋白质含量的影响

30, 60, 90, 120, 150 mg/kg 浓度乐果处理 24 h 和 48 h 后,测定蚯蚓体内蛋白质含量,结果见图 1。

蚯蚓体内蛋白质含量在处理 24 h 和 48 h 均比对照显著增加($P < 0.05$)。随着乐果浓度的升高,蚯蚓体内蛋白质含量呈现出先增加后降低的趋势。不同浓度处理之间差异显著($P < 0.05$)。同一浓度处

理 24 h 和 48 h 之间有极显著的差异 ($P < 0.01$) ,出现这种结果的可能原因是蚯蚓染毒后 ,机体功能受损伤 ,内环境开始紊乱 ,代谢活动出现异常 ,导致体内血浆蛋白质含量发生改变 ,同时在应激状态下机体还可以产生应激蛋白质 ,使得总蛋白质含量有所增加。随着浓度增加和时间的推移 ,农药对蚯蚓的胃毒毒性发生作用而且经皮毒性的加强 ,对蚯蚓的蛋白质的生成来源产生破坏 ,进而影响了蛋白质的合成 ,使得总蛋白质含量降低^[14-15]。

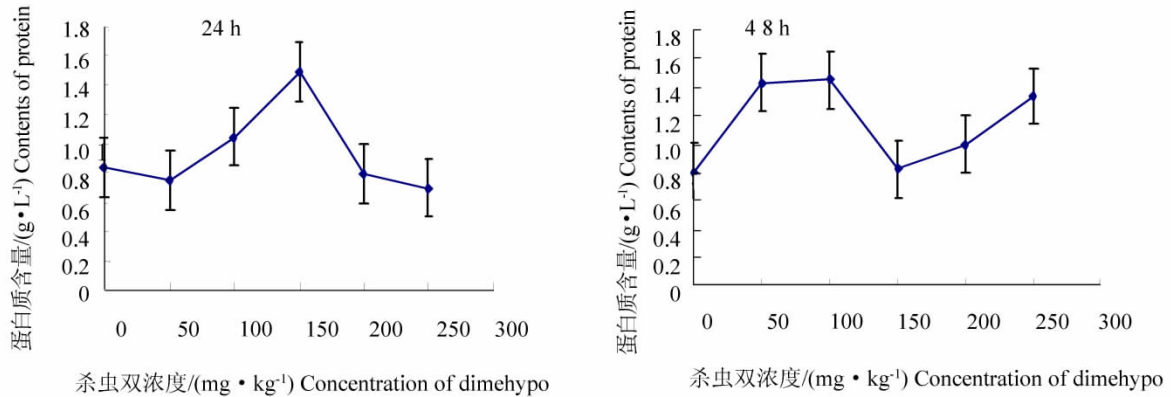


图 2 杀虫双对蚯蚓体内蛋白质含量的影响(24 h 48 h)

Fig. 2 Effects of dimehypo on protein contents of earthworm

3.2 杀虫双对蚯蚓体内蛋白质含量的影响

如图 2 ,用 50 ,100 ,150 ,200 ,250 mg/kg 浓度杀虫双处理 24 h 和 48 h 后 ,测定蚯蚓体内蛋白质含量 ,结果表明 ,杀虫双对蚯蚓体内蛋白质含量的影响没有明显的规律性 ,不同浓度处理之间有显著差异 ($P < 0.05$) ,同一浓度 ,处理 24 h 和 48 h 之间有极显著的差异 ($P < 0.01$) 。处理 24h 时 ,蚯蚓体内蛋白质含量总体呈现出先升高后降低的趋势 ,在杀虫双 150 mg/kg 浓度上出现最高值。48 h 蚯蚓蛋白质含量表现出先升高后降低再升高的趋势 ,不同于 24 h 的情况 ,最低值却出现在了 150 mg/kg 浓度上。可以推断 ,较低浓度(50 mg/kg、100 mg/kg) 、较长杀虫双染毒时间(48 h) 对蚯蚓蛋白质含量的影响与较高浓度(150 mg/kg) 、较短时间(24 h) 杀虫双染毒时间的影响效应相当 ,说明蚯蚓受胁迫的程度是污染农药的浓度和染毒时间共同作用的结果。而杀虫双染毒 48 h ,浓度大于 150 mg/kg 处理的蚯蚓却又出现蛋白质含量随杀虫双污染浓度的增加而增加的趋势 ,可能原因是蚯蚓机体受高浓度 ,长时间污染后 ,功能受损伤 ,内环境紊乱 ,代谢活动异常 ,同时产生应激蛋白质 ,使得总蛋白质含量随浓度的增加而增加。

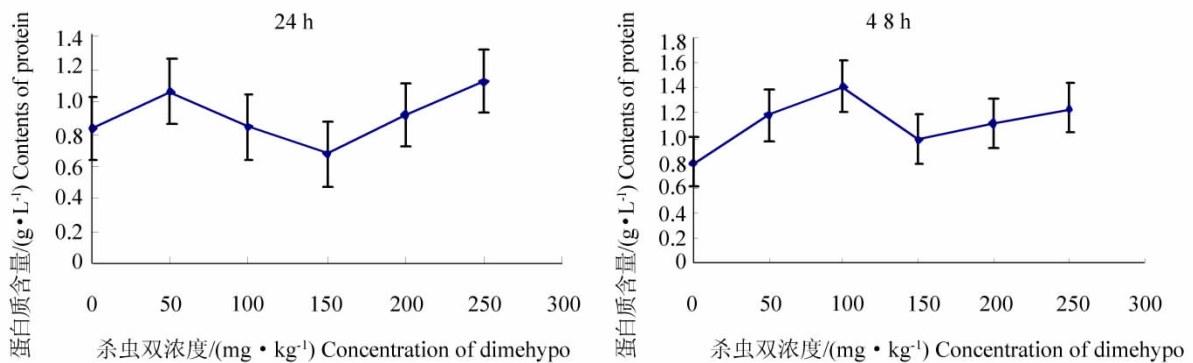


图 3 乐果和不同浓度的杀虫双复合对蚯蚓体内蛋白质含量的影响(24 h 48 h)

Fig. 3 Effects of dimehypo and dimethoate(60 mg/kg) on protein contents of earthworm

3.3 乐果和不同浓度的杀虫双复合对蚯蚓体内蛋白质含量的影响

固定乐果浓度(60 mg/kg) 分别和 50 ,100 ,150 ,200 ,250 mg/kg 浓度杀虫双处理 24 h、48 h 后(图 3) ,蚯蚓体内蛋白质含量随着杀虫双浓度的升高 ,呈现出升高—降低—升高的锯齿型变化曲线 ,在杀虫双浓度 150 mg/kg 时 24 h、48 h 处理均出现低点 ,蚯蚓体内蛋白质含量在不同浓度杀虫双和固定浓度乐果复合的各处理之间有显著差异 ($P < 0.05$) 。

3.4 相关性分析

蚯蚓的体内蛋白质含量对农药乐果和杀虫双的作用反应灵敏,能间接反应其污染程度,且存在一定剂量-效应关系(表1),其关系曲线均为抛物线型。这与胡玲等^[19]研究呋喃丹对赤子爱胜蚓体内蛋白质含量影响一致(抛物线型),这是生物对污染反应的最常见形式。可利用蛋白质含量的变化来指示乐果和杀虫双对赤子爱胜蚓的毒性作用。可作为生物监测指标和对环境的污染影响评价指标。

表1 蚯蚓体内蛋白质含量与乐果、杀虫双及其复合污染的回归方程

Tab.1 The regression equation of earthworm's protein polluted by Dimethoate, Dimehypo and their combined pollution

农药 Pesticide	24 h 24hours	48 h 48 hours
乐果 Dimethoate	$y = 0.928 - 0.005x^2 + 0.009x$ $r = 0.767$	$y = 0.773 - 0.005x^2 + 0.008x$ $r = 0.664$
杀虫双 Dimehypo	$y = 0.704 - 0.005x^2 + 0.007x$ $r = 0.664$	$y = 1.040 - 0.006x^2 + 0.002x$ $r = 0.186$
杀虫双 + 乐果(60 mg/kg) Dimehypo and Dimethoate	$y = 0.953 - 0.005x^2 - 0.003x$ $r = 0.589$	$y = 0.910 - 0.005x^2 + 0.004x$ $r = 0.564$

从相关系数可知,乐果和杀虫双二者之间,乐果对蚯蚓蛋白质含量的影响高于杀虫双,二者复合(不同浓度杀虫双+60 mg/kg乐果)后,由于乐果浓度固定,因此,蛋白质含量变化的规律与杀虫双单一作用相似。

4 讨论

4.1 乐果和杀虫双对蚯蚓体内蛋白质含量的影响

托娅等^[13]2008年对土壤中Cu和Pb污染对蚯蚓体内蛋白含量的影响因子(暴露时间和浓度)进行研究,结果表明,暴露时间和Cu的浓度对蚯蚓体内的蛋白含量的影响的差异性极显著($P < 0.01$)。本研究在添加不同浓度乐果和杀虫双后,低浓度组促进蛋白质含量增加,高浓度组使蛋白质含量降低的趋势,而且各浓度处理之间有显著差异($P < 0.05$),有研究表明,当生物体受到胁迫,机体多功能受损,内环境紊乱,代谢活动异常,导致体内一些血浆蛋白含量改变,同时机体在应激状态下产生的急性时相蛋白,使得总蛋白含量有所增加^[14-15]。这也是低浓度组蚯蚓体内蛋白质含量增加的可能原因,而高浓度组蚯蚓体内蛋白质含量降低,可能与蚯蚓受到胁迫的加重,机体多种功能受损,蛋白质的生成来源受到破坏,进而影响蛋白质的合成^[16-17],确切机理尚有待进一步深入研究。黎静等应用GA-SVM方法建立识别模型可以对未知样本的脐橙是否被农药污染以及被何种农药污染进行了识别与预测。希望这种光谱技术结合遗传算法(Genetic Algorithm,GA)的方法也可以应用于识别与预测农药对土壤动物蚯蚓的污染情况。这也有待进一步的试验研究。

4.2 农药对蚯蚓体内蛋白质含量的剂量-效应关系

胡玲等^[19]研究了呋喃丹对赤子爱胜蚓体内蛋白质含量、SOD和AChE活性的影响,试验结果表明,当蚯蚓受到低浓度呋喃丹胁迫时,其体内蛋白含量表现为升高趋势,当受到高浓度呋喃丹胁迫时,其体内蛋白含量表现为不同程度的降低,其剂量-效应关系曲线均为抛物线,与本文的研究结果一致,这是生物对污染反应的最常见形式,能反映其污染作用,可作为生物监测指标和对环境的污染影响评价指标。

5 结论

(1) 不同浓度乐果对蚯蚓体内蛋白质含量的影响。蚯蚓体内蛋白质含量在乐果污染24h和48h均比对照显著增加($P < 0.05$)。随着乐果浓度的升高,蚯蚓体内蛋白质含量呈现出先增加后降低的趋势。不同浓度处理之间差异显著($P < 0.05$)。同一浓度处理24h和48h之间有极显著的差异($P < 0.01$)。

(2) 不同浓度杀虫双污染对蚯蚓体内蛋白质含量的影响。杀虫双对蚯蚓体内蛋白质含量的影响没

有明显的规律性,不同浓度处理之间有显著差异($P < 0.05$) ,同一浓度 ,处理 24 h 和 48 h 之间有极显著的差异($P < 0.01$) 。较低浓度(50 mg/kg、100 mg/kg) 、较长杀虫双染毒时间(48 h) 对蚯蚓蛋白质含量的影响与较高浓度(150 mg/kg) 、较短时间(24 h) 杀虫双染毒时间的影响效应相当 ,说明蚯蚓受胁迫的程度是污染农药的浓度和染毒时间共同作用的结果。

(3) 杀虫双和乐果复合污染对蚯蚓体内蛋白质含量的影响。固定乐果浓度(60 mg/kg) 分别和 50 , 100 ,150 ,200 ,250 mg/kg 浓度杀虫双处理 24 h、48 h 后 ,蚯蚓体内蛋白质含量随着杀虫双浓度的升高 ,呈现出升高—降低—升高的锯齿型变化曲线 ,各复合处理之间有显著差异($P < 0.05$) 。

(4) 乐果和杀虫双与蚯蚓蛋白质含量的相关关系。通过回归分析 ,乐果和杀虫双污染对蚯蚓体内蛋白质含量的影响曲线均为开口向下的抛物线。乐果对蚯蚓蛋白质含量的影响较杀虫双高 ,二者复合(不同浓度杀虫双 + 60 mg/kg 乐果) 后 ,由于乐果浓度固定 ,因此 ,蛋白质含量变化的规律与杀虫双单一作用相似。因此可利用蚯蚓体内蛋白质含量的变化较好的指示乐果对蚯蚓的毒性作用 ,对杀虫双的毒性作用指示效果较乐果差。

参考文献:

- [1]褚素贞,张乃明,毛昆明,等.昆明地区设施土壤养分变化规律研究[J].云南农业大学学报,2005,20(3):366-387.
- [2]尤民生,刘新.农药污染的生物降解与生物修复[J].生态学杂志,2004,23(1):73-77.
- [3]邓晓,侯宪文,李光义,等.两株乐果降解菌的筛选及其协同效应[J].农药,2010,49(8):565-568.
- [4]罗志明,李文凤,黄应昆,等.3.6%杀虫双颗粒剂防治甘蔗螟虫药效试验[J].农药,2010,49(5):383-384.
- [5]邱江平.蚯蚓与环境保护[J].贵州科学,2000,18(1):116-133.
- [6]邱江平.蚯蚓及其在环境保护上的应用[J].上海农学院学报,1999,17(4):301-308.
- [7]钟远,臧宇,罗屿,等.新型杀虫剂对蚯蚓的毒理学研究[J].农业环境保护,1999,18(3):102-105.
- [8]温志良,莫大伦.土壤污染研究现状与趋势[J].重庆环境科学,2000,22(3):55-57.
- [9]甘雅玲.溴氰菊酯对蚯蚓超微结构影响的研究[J].电子显微学报,2002,21(5):513-514.
- [10]Mosleh Y Y, Ismail S M, Ahmed Y M, et al. Comparative toxicity and biochemical responses of certain pesticides to the mature earthworm *Aporrectodea caliginosa* under laboratory conditions[J]. Environ Toxicol, 2003, 18(5): 338-346.
- [11]Ismail S M, Ahmed Y M, Mosleh Y Y. Comparative toxicity, growth rate and biochemical effect of certain pesticides on earthworm *Aporrectodea caliginosa* [C]//7th National Congress on Pests and Diseases of Vegetables and Fruits in Egypt, Ismailia, Egypt, 1997.
- [12]张友梅,王振中,邢协加,等.土壤污染对蚯蚓的影响[J].湖南师范大学:自然科学学报,1996,19(3):84-89.
- [13]托娅,林玉锁,贺静.土壤中 Cu 和 Pb 单一及复合污染对蚯蚓体内蛋白含量和 SOD 活性的影响[J].农业环境科学学报,2008,27(5):1985-1990.
- [14]雷波,刘定安,黄树明.集成疗伤片对创伤患者血清急性期反应蛋白含量变化的影响[J].中医正骨,2005,17(1):10-11.
- [15]凌善锋.农药敌敌畏对泥鳅肌肉中水溶性蛋白质的影响及分析[J].水产科学,2004,23(2):20-21.
- [16]孙维,林玉锁,胡玲.不同温度条件下呋喃丹对赤子爱胜蚓体内蛋白质含量以及 SOD 和 AChE 活性的影响[J].生态与农村环境学报,2007,23(1):57-62.
- [17]孙维,邵托娅,玉锁.两种温度条件下杀虫单对赤子爱胜蚓体内蛋白质含量以及 SOD 和 AChE 活性的影响[J].农业环境科学学报,2007,26(5):1816-1821.
- [18]黎静,薛龙,刘木华,等.基于光谱技术识别不同农药污染脐橙的研究[J].江西农业大学学报,2010,32(4):723-728.
- [19]胡玲,林玉锁.呋喃丹对赤子爱胜蚓体内蛋白质含量、SOD 和 AChE 活性的影响[J].安徽农业科学,2006,34(13):3165-3167.