

土壤中呋喃丹 杀虫双 p′ p-DDT 对蚯蚓 的单一及复合毒性的研究

左海根, 林玉锁, 龚瑞忠

(国家环境保护局南京环境科学研究所 国家环境保护农药环境评价与污染控制重点实验室, 江苏 南京 210042)

摘要:采用江苏省常熟农业生态试验站土壤,均匀混入农药后,调节适当的土壤水分,在人工气候箱内保持温度为 20℃、湿度为 80%的条件下,分别在第 2、4、7、10、15 d 观察蚯蚓(赤子爱胜蚓 *Eisenia foetida*)的急性中毒状态及死亡情况并进行数据分析。结果表明,蚯蚓在含有单一杀虫双和呋喃丹的土壤中,分别表现出不同的中毒状态和毒性效应,呋喃丹大于杀虫双对蚯蚓的毒性。在 10 d 时杀虫双及呋喃丹的 LC_{50} 分别为 $227.57\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $28.28\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。当土壤中杀虫双和呋喃丹 2 种农药复合存在时,蚯蚓主要表现为呋喃丹的中毒状态,2 种农药复合后对蚯蚓的致死毒性有显著的影响。本文还研究了 p′ p-DDT 作为背景时,2 种农药分别对蚯蚓的复合毒性。结果发现,当土壤中 p′ p-DDT 的含量为 $10\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时,无论是单一还是复合对蚯蚓的毒性基本上没有表现出明显的影响。

关键词:呋喃丹; 杀虫双; 蚯蚓; 复合污染; 土壤; 毒性

中图分类号:X592 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2005)05-0861-04

Single and Binary-Combined Toxicology of Carbofuran, Dimehypo and p′ p-DDT on Earthworms

ZUO Hai-gen, LIN Yu-suo, GONG Rui-zhong

(Key Laboratory of Pesticides Environmental Evaluation and Control, Nanjing Institute of Environmental Sciences, SEPA, Nanjing 210042, China)

Abstract: Single and binary-combined acute toxicology of carbofuran, dimehypo and p′ p-DDT on earthworms (*Eisenia foetida*) in soil were studied respectively. The soil without residue of carbofuran and dimehypo was obtained from Changshu agricultural ecological station in Jiangsu province of China, with the following basic physical and chemical properties: the content of organic material 2.42%, the pH value 6.8, the content of total nitrogen and total phosphorus $428\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ and $8.4\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ respectively. The experiment was designed with 6 treatment groups, 3 replicates, each consisting of 500 g soil with appropriate water content and 15 earthworms, and conditioned in programmable artificial climate incubator with temperature 20℃ and humidity 80%. At 2, 4, 7 10 and 15 days, the earthworms were removed from soil to assess their mortality and symptoms. The earthworms showed different symptoms and mortalities under different soil environments polluted by the three pesticides. The symptom of earthworm under the binary-combined pesticides of carbofuran and dimehypo was similar to that of carbofuran, but the combined pesticides affected the earthworms apparently. $10\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ of p′ p-DDT in soil played minor role either in single or in binary-combined pesticides. The primary information about the single and combined toxicology of the three pesticides on earthworm under soil environment provided some information for pesticides management and made some fundamental work for researching the mechanism of combined toxicology.

Keywords: carbofuran; dimehypo; earthworm; combined pollution; soil; toxicology

蚯蚓作为一类大型的土壤动物,其活动有利于加速土壤结构的形成,促进土肥相融,加速有机物质的

分解转化,改善土壤通透性和提高蓄水、保肥能力,从而改善了土壤的物理、化学、生物属性和提高植物营养。而且蚯蚓是土壤生态系统许多动物如蛇类、鸟类等重要的食物来源,影响着农田生态系统中物质的循环和能量的流动,在食物链中起着污染物传递的作用^[1,2]。

收稿日期:2004-12-26

基金项目:国家重点基础研究发展规划(2002CB410800)

作者简介:左海根(1979—),男,湖南醴陵人,现为南京农业大学资源与环境学院硕士研究生,研究方向为农药污染与生态毒理。

联系人:林玉锁 E-mail:lys@nies.org

目前研究多种污染物共存时的复合污染效应还处于起步阶段,主要集中于重金属的复合污染生态效应的研究^[3-6]。研究表明,环境中重金属元素之间的交互作用形式很多,除了主要表现为毒性增强的协同作用外,还表现为独立、加和甚至拮抗作用。由于有机污染物在土壤中环境行为的复杂性,甚至能够形成毒性更大的中间产物及代谢产物,其相互作用的效应难以预测,因而有机污染物的复合污染研究比较少,大都是集中在 2 种农药的复合污染及农药与重金属的复合^[3]。朱鲁生以蚯蚓的死亡率为指标,通过联合系数法评价农药复合毒性发现,辛硫磷及甲氰菊酯混配后对蚯蚓复合效应均表现为相加作用^[7]。梁继东等研究发现,无论是低剂量水平还是高剂量水平的铜与甲胺磷复合,都能增强对蚯蚓的毒性;而低剂量水平和高剂量水平的铜与乙草胺复合对蚯蚓的毒性分别具有削弱和增强作用^[8]。宋玉芳等研究表明,菲、芘复合污染及菲、芘、1,2,4-三氯苯复合污染对蚯蚓的毒性效应不同,主要表现为协同作用和拮抗作用^[9]。杀虫双作为我国 20 世纪 70 年代研制的一种高效、广谱、内吸性杀虫剂,具有强烈的触杀和熏杀作用,已广泛应用于长江三角洲地区农田病虫害的防治^[10]。呋喃丹属于氨基甲酸酯类农药,具有内吸性和残毒高的特点^[11],在我国应用广泛,因而日益受到人们的关注。研究这 2 种农药复合对农田生态系统的影响具有重要的意义。

1 材料及方法

1.1 试验动物

赤子爱胜蚓(*Eisenia foetida*),购于南京蚯蚓养殖厂,体重约 200~400 mg,是国际上常用于毒性试验的品种,对污染物具有中等的敏感性。试验前在土壤中预培养一段时间后,选择大小相近,体重 300 mg 左右、环带明显的成蚓进行试验。

1.2 试验土壤

采自中国科学院农业生态试验站所在地江苏省常熟的黄泥土,采集麦田 0~15 cm 表层土壤,质地为重壤质,有机质含量为 2.42%,全 N 为 0.143%,全 P 为 428 mgP·kg⁻¹,速效 P 为 8.4 mgP·kg⁻¹,pH 值为 6.8。试验时风干后过 10 目筛,备用。

1.3 试验药剂及仪器

18%杀虫双水剂(潭阳市力华化学有限公司提供)。

97%~98%呋喃丹原粉(江苏省铜山农药厂提供)。

微电脑人工气候箱(SPX-300 IC,上海博迅仪器公司)。

1.4 试验方法

称取 500 g 土壤样品进行试验。试验前分别配制 20 000 mg·kg⁻¹的呋喃丹丙酮液及杀虫双水溶液作为母液。对于单一农药试验时,吸取相应体积的呋喃丹丙酮液均匀淋洒在 10 g 左右的土壤样品中混合均匀,并待丙酮挥发后与其他 490 g 土壤均匀混合,加入 150 mL 水后混拌均匀。对于 p'-p-DDT 的处理方法同呋喃丹一致。对于易溶于水的杀虫双,吸取相应剂量的杀虫双溶于 150 mL 水后加入到 500 g 土壤中混拌均匀。进行农药复合试验时,先取相应的呋喃丹母液与土壤样品混合均匀,待丙酮挥发后,再将 150 mL 溶有相应杀虫双的水溶液加入到土壤样品中并混拌均匀。土壤混拌均匀后装入 1 L 烧杯中,在每个装有土壤的烧杯中放入 15 条蚯蚓,每次试验重复 3 次。将烧杯放入温度为 20 ℃,湿度为 80%的恒温恒湿人工气候箱中培养 15 d。因为对蚯蚓的急性毒性试验一般观察 15 d 较适合^[12],第 7 d 时均匀喷入 30 mL 水以补充土壤失去的水分。当用针刺刺激蚯蚓尾部没有反应时认为蚯蚓已经死亡,在试验的第 2、4、7、10、15 d 将土壤中的蚯蚓取出,观察蚯蚓的中毒状态和记录蚯蚓的死亡情况,以确定蚯蚓的死亡率与蚯蚓接触的滤纸上农药剂量的曲线关系。将试验数据输入电脑进行统计处理,并利用美国 EPA 的 SPEARMAN 程序分析软件获得农药对蚯蚓的 LC₅₀(此软件主要使用修正后的 Spearman-Kärber 方法获得 LC₅₀值)。

2 结果与讨论

2.1 单一农药对蚯蚓的毒性

呋喃丹和杀虫双属于 2 种不同类型的杀虫剂,其作用机理也不同。蚯蚓生活在农药污染的土壤中,蚯蚓取食、皮肤接触、蚯蚓对农药的吸收和代谢及农药对蚯蚓的毒性作用机理、农药在土壤中的降解,均影响着土壤环境中农药对蚯蚓的毒性。

呋喃丹属于氨基甲酸酯类农药,主要作用是乙酰胆碱酯酶发生乙酰化作用。在呋喃丹处理的土壤中,当蚯蚓接触到混有呋喃丹的土壤后,立即表现出中毒的症状:身体缩短变粗,扭曲并不断的挣扎,呈现蜷缩状态,很快失去爬行和逃避能力,甚至不能钻入到土壤中。在试验培养期间将蚯蚓取出观察,仍发现蚯蚓呈现出蜷缩状态,丧失爬行和逃避能力,死亡时表现为环带肿大,糜烂。而杀虫双属于沙蚕毒素类农

药,对神经起着抑制作用,毒性作用比较慢。当蚯蚓开始接触到杀虫双的土壤后,蚯蚓并未立即表现出中毒状态,而是迅速钻入土壤。在试验培养期间将蚯蚓取出可观察到蚯蚓的中毒症状:呈现伸长状态,对刺激比较迟钝,有缓慢的爬行能力。但在第 4 d 中毒症状表现最明显,后来出现一定有缓和。死亡后表现为身体呈伸长状态,全身糜烂,甚至身体断裂。图 1 和图 2

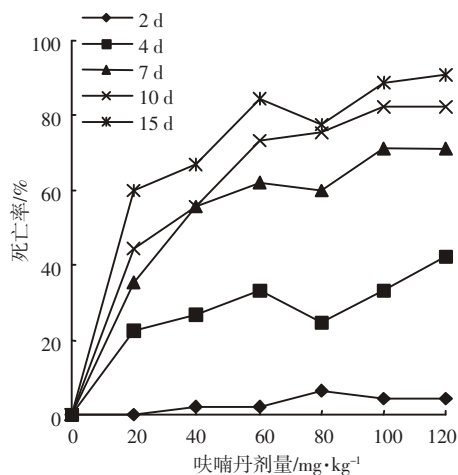


图 1 呋喃丹对蚯蚓的毒性

Figure 1 Toxicology of carbofuran on earthworms

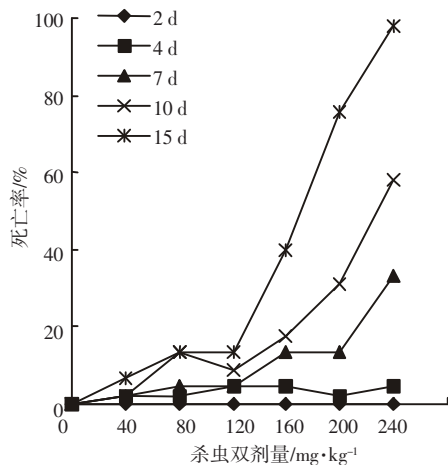


图 2 杀虫双对蚯蚓的毒性

Figure 2 Toxicology of dimehypo on earthworms

是呋喃丹和杀虫双对蚯蚓的毒性曲线。

从图 1 和图 2 可以看出:(1) 呋喃丹和杀虫双对蚯蚓致死呈现不同的趋势,表现出不同的死亡曲线形状。当土壤中呋喃丹的含量为 $0\sim 20\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的范围时,蚯蚓死亡率呈现急剧的上升;为 $20\sim 120\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时,蚯蚓死亡率变化比较平缓。而杀虫双在土壤中的含量为 $0\sim 120\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时,蚯蚓的死亡率变化比较平缓,15 d 时不超过 20%;当含量超过 $120\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时,

蚯蚓死亡率呈现急剧的上升, 蚯蚓在杀虫双含量为 $120\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $240\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的土壤中 15 d 时死亡率分别为 15% 和 100%(2) 呋喃丹和杀虫双在 10 d 时的 LC_{50} 分别为 28.28 (95% 置信区间: $14.71\sim 54.37\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) 和 $227.57\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (95% 置信区间: $210.82\sim 245.65\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), 说明呋喃丹对蚯蚓的致死毒性明显大于杀虫双。这也许是由于 2 种农药在试验土壤中的环境行为、对土壤中蚯蚓主要作用方式、以及蚯蚓对体内农药的代谢作用机制差异性共同作用的结果。(3) 两种农药在试验剂量范围内 2 d 内致死作用不明显。而蚯蚓在同一种农药试验的 7、10 及 15 d, 均呈现出相同趋势的死亡率-剂量曲线。

2.2 农药对蚯蚓的复合毒性

2.2.1 呋喃丹与杀虫双的相互复合毒性

由于呋喃丹与杀虫双属于 2 种不同类型的农药, 呈现出不同的中毒状态,但在试验剂量的范围内的 2 种农药的复合试验中,蚯蚓均主要表现为呋喃丹的中毒状态。但前 2 天内无论是单一还是复合的蚯蚓死亡率均很小且没有明显的差异。图 3 和图 4 是杀虫双 ($80\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) 与呋喃丹、呋喃丹 ($5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) 与杀虫双的复合毒性曲线。

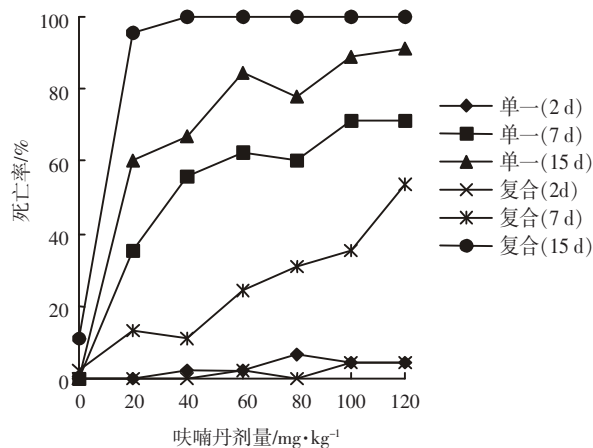
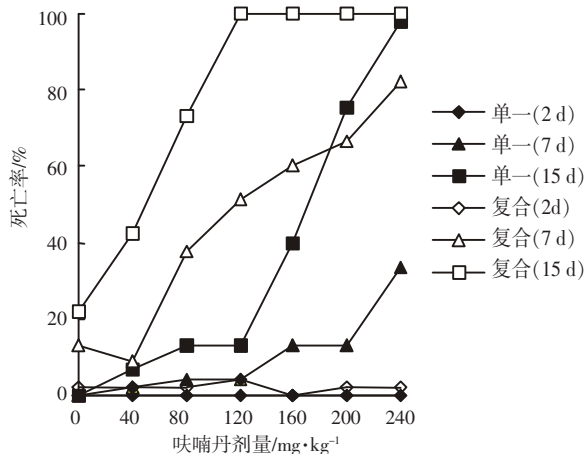
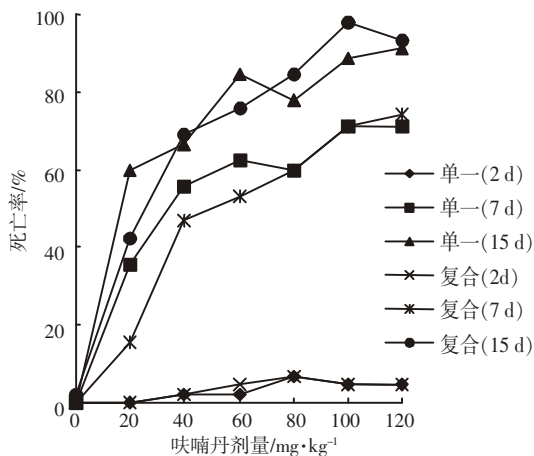
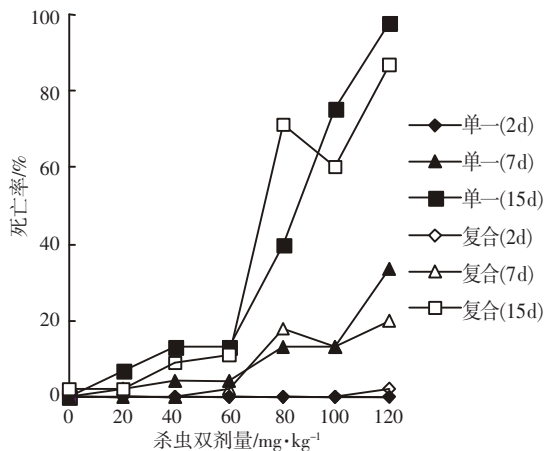


图 3 杀虫双($80\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)与呋喃丹的复合毒性

Figure 3 Combined toxicology of dimehypo($80\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) and carbofuran on earthworms

从图 3 可以得出当 $80\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的杀虫双存在时, 呋喃丹 ($0\sim 120\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) 对蚯蚓的复合毒性在 7 d 和 15 d 时较单一毒性都有显著的增加。从图 4 可以得出当 $5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的呋喃丹存在时, 杀虫双 ($0\sim 240\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) 对蚯蚓的复合毒性在 7 d 和 15 d 时均较单一毒性有显著的增加。这说明在此试验条件下,两种农药的复合能导致蚯蚓死亡率的显著增加。

2.2.2 p'-p-DDT 对呋喃丹和杀虫双毒性的影响

图4 呋喃丹($5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)与杀虫双的复合毒性Figure 4 Combined toxicology of carbofuran ($5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) and dimehyo on earthworms图5 p' p -DDT($10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)与呋喃丹复合的毒性Figure 5 Combined toxicology of p' p -DDT($10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) and carbofuran on earthworms图6 p' p -DDT($10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)与杀虫双的复合毒性Figure 6 Combined toxicology of p' p -DDT($10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) and dimehyo on earthworms

从试验可以得出:在 p' p -DDT 的剂量为 $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时的土壤中,蚯蚓基本上未表现出任何中毒状态,15 d 后蚯蚓也没出现死亡现象。从图 5 和图 6 可以得出,当 $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ p' p -DDT 与呋喃丹或杀虫双分别复合时对蚯蚓的中毒状态及死亡率基本上没有影响。说明土壤中 $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的 p' p -DDT 无论是单一还是复合均对蚯蚓的毒性影响较小。

3 结论

(1)在呋喃丹、杀虫双污染的农药土壤中,蚯蚓表现出不同的中毒状态。

(2)在呋喃丹污染的土壤中,0~20 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时能引起蚯蚓死亡率急剧上升,然后趋于平缓;而杀虫双污染的土壤中农药剂量小于 $120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时对蚯蚓的毒性小,当 $120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 至 $240 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时能引起蚯蚓死亡率急剧上升。

(3)在呋喃丹与杀虫双复合的土壤中,蚯蚓主要表现为呋喃丹的中毒状态。

(4)当 p' p -DDT 在土壤的浓度为 $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,无论是单一还是复合均对蚯蚓基本上没有影响。

参考文献:

- [1] 邱江平. 蚯蚓与环境保护[J]. 贵州科学, 2000,18(1-2):116-133.
- [2] 孔志明,臧宇,崔玉霞,等. 两种新型杀虫剂在不同暴露系统对蚯蚓的急性毒性[J]. 生态学杂志,1996,18(6):20-23.
- [3] 郭观林,周启星. 土壤-植物系统复合污染研究进展[J]. 应用生态学报, 2003,5(14): 823-828.
- [4] 常福辰,施国新,丁小余,等. Cd^{2+} , Hg^{2+} 复合污染下金鱼藻的细胞膜脂过氧化和抗氧化酶活性变化[J]. 南京师范大学报(自然科学版), 2002,1(25):44-48.
- [5] 陈怀满,等. 土壤-植物系统中的重金属污染[M]. 北京:科学出版社(第一版), 1996. 294-306.
- [6] 何勇,熊先哲. 复合污染研究进展[J]. 环境科学, 1994,15(6):79-83.
- [7] 朱鲁生,樊德方,等. 辛硫磷、甲氧菊酯及其混剂对蚯蚓的毒性及安全性评价[J]. 浙江农业大学学报, 1999, 25(1):77-80.
- [8] 梁继东,周启星. 甲胺磷、乙草胺和铜单一与复合污染对蚯蚓的毒性效应研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(4):593-596.
- [9] 宋玉芳,周启星,许华夏,等. 菲、蒽、1,2,4-三氯苯对蚯蚓的急性毒性效应[J]. 农药生态环境, 2003,19(1):36-39.
- [10] 邢协加,王振中,张友梅,等. 杀虫双农药对土壤蛩类和弹尾类影响的研究[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 1997,20(1):79-84.
- [11] 石守良,郭永泽,张玉婷,等. 蔬菜和土壤中呋喃丹残留量的分析方法研究[J]. 天津农林科技, 2001, 2:19-21.
- [12] 张壬午,李治祥,白清云,等. 应用标准方法测定农药对蚯蚓的毒性[J]. 环境科学学报, 1985,8(3):327-333.