

# 蚯蚓对土壤中杀虫剂的回避行为

## ——一种用于土壤健康质量快速诊断的装置和方法

台培东, 李培军, 刘延斌

(中国科学院沈阳应用生态研究所, 辽宁 沈阳 110016)

**摘要:** 通过设计一套试验装置, 研究了蚯蚓对土壤中杀虫剂的回避行为。结果显示, 蚯蚓对某些杀虫剂非常敏感, 土壤中杀虫剂含量达到其半致死浓度( $LC_{50}$ )的 $1/5 \sim 1/25$ 时, 即出现明显的逃逸或迁移行为。

**关键词:** 蚯蚓; 杀虫剂; 回避行为; 土壤环境质量; 诊断方法

**中图分类号:** S865.19    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1672-2043(2004)02-0408-03

### Evasive Behavior of Earthworm Towards Several Pesticides in Soil

TAI Pei-dong, LI Pei-jun, LIU Yan-bin

(Institute of Applied Ecology, CAS, Shenyang, 110015, China)

**Abstract:** Due to the fact that appulsion of favorable conditions and repulsion of adverse surroundings are regarded as an instinct for living organisms, a determining instrument for evaluating behavior of earthworm was designed in order to study the excluding behavior of earthworm against pesticides in soil. The results showed that earthworm (*Eisenia foetida*) is very sensitive to some pesticides in the soil tested, the escaping behavior of earthworm can be examined in the soil tested at very low concentrations, from  $1/5$  to  $1/25$  of the  $LC_{50}$  values, of pesticides. Therefore, it may be suggested that the test instrument be used as a diagnosis method for soil health quality.

**keywords:** earthworm; pesticides; evasive behavior; soil health quality; diagnosis method

农业土壤环境质量状况的正确诊断和评价, 是保持土壤生态系统良性循环, 维持土壤生产力的重要管理依据, 也是无公害农产品生产的前提。由于土壤性质和污染物种类的复杂多变, 对土壤环境健康质量的诊断和评价, 必须同时考虑土壤微生物、土壤动物和植物的异常变化<sup>[1]</sup>。在理论上, 选择一种或几种对主要土壤污染物敏感的指示生物, 根据其种群或生理代谢的变化情况, 建立土壤健康质量诊断和评价的指标体系是可行的<sup>[2-4]</sup>。但常规方法的毒理学诊断, 往往需要很高的污染物浓度和较长的试验时间, 普通被农用化学品污染的农田土壤, 一般不能被这些方法诊断出来。

趋利避害是生物的一种本能。蚯蚓是土壤环境最重要的指示生物<sup>[5]</sup>, 因而成为污染土壤毒理学研究最

重要的实验动物之一。由于蚯蚓长期生活在潮湿的土壤中, 表皮角质层(cuticle)较普通陆生生物要薄, 而且, 其上还有许多腺孔(与外界相通), 因此对土壤中的某些刺激性污染物非常敏感, 一旦刺激强度达到其忍受限度, 即出现逃逸或迁移行为, 以躲避危害环境<sup>[6,7]</sup>。本研究利用蚯蚓对有害环境的回避行为, 设计一套试验装置, 用于土壤健康质量的快速诊断。希望这种方法对被农用化学品轻度污染的农田土壤健康质量的诊断是有效的。

## 1 材料和方法

### 1.1 装置设计

装置如图1所示。蚯蚓逃逸槽(1)容积为 $150 \text{ mm} \times 75 \text{ mm} \times 75 \text{ mm}$ , 底部有金属网与保水透气槽(2)相分隔, 可保持水气的通透性, 但限制蚯蚓进入底槽; 中间由不透水隔板均分为2个室, 隔板下部有 $5 \text{ mm} \times 75 \text{ mm}$ 的蚯蚓逃逸口相通。保水透气槽长和宽尺寸稍大于蚯蚓逃逸槽(1), 中间由不透水隔板均分为2个室, 避免污染物横向迁移。

收稿日期: 2003-06-05

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-SW-416, KZCX2-401)

作者简介: 台培东(1964—), 男, 博士, 副研究员, 主要从事污染生态学和恢复生态学研究。E-mail: pdtai@sina.com

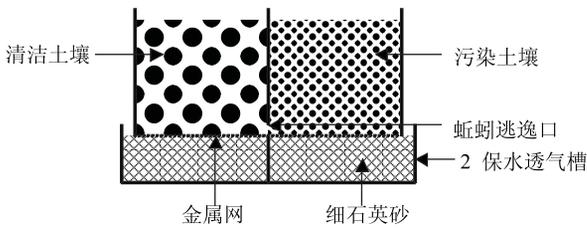


图 1 蚯蚓对土壤污染物的回避行为的测试装置示意图(剖面图)

Figure 1 Testing set for excluding behavior of earthworm to pesticides in soil

1.2 试验材料

赤子爱胜蚓 (*Eisenia foetida*) 黑土培养 3 个月, 选择体色鲜亮, 体重 500 mg 大小的个体作为实验材料。

杀虫剂: 甲胺磷, 50% 乳剂, 88 农药厂。辛硫磷, 50% 乳剂, 88 农药厂。

土壤: 浅层黑土, 采自吉林省公主岭市吉林省农业科学院实验田, 该实验田从未施用过任何人工合成的化学物质, 土壤质地为轻黏土, pH = 6.77, 有机质含量 3.58%, 阳离子代换量 31.4 cmol · kg<sup>-1</sup> 土。

1.3 方法

kg<sup>-1</sup>(表 1)。

2.2 赤子爱胜蚓对 2 种杀虫剂的回避行为

根据 2 种有机磷杀虫剂对赤子爱胜蚓的半致死浓度 ( $LD_{50}$ ), 设置试验处理的浓度梯度, 利用蚯蚓回避行为测试装置进行蚯蚓对土壤杀虫剂回避行为的试验测试。试验以有机磷杀虫剂零投放作为对照, 证明蚯蚓在 2 个土壤槽之间的迁移是相互的, 平均迁移率小于 5%, 对试验结果的干扰不产生统计学影响。

试验结果显示(表 2、表 3), 赤子爱胜蚓对 2 种有

机磷杀虫剂的回避行为都是非常明显的, 当土壤有机磷杀虫剂浓度达到其半致死浓度 ( $LD_{50}$ ) 的 1/25 时, 其回避率已超过 30%, 即甲胺磷 10 mg · kg<sup>-1</sup>, 回避率为 31.7% ± 10.4%; 辛硫磷 20 mg · kg<sup>-1</sup>, 回避率为 38.9% ± 6.8%。当土壤有机磷杀虫剂浓度达到其半致死浓度 ( $LD_{50}$ ) 的 1/5 时, 其回避率已超过 50%, 即甲胺磷 50 mg · kg<sup>-1</sup>, 回避率为 50.6% ± 10.2%; 辛硫磷 100 mg · kg<sup>-1</sup>, 回避率为 53.3% ± 2.9%。但当土壤有机磷杀虫剂浓度继续升高, 达到其半致死浓度

2 实验案例——蚯蚓回避实验与半致死率诊断法的灵敏度比较

2.1 2 种农药对赤子爱胜蚓的半致死浓度

通过实验室毒理学实验结果, 可以大致确定 2 种农用杀虫剂在浅层黑土中对赤子爱胜蚓的半致死浓度 ( $LD_{50}$ ): 甲胺磷, 250 mg · kg<sup>-1</sup>; 辛硫磷, 500 mg ·

表 1 2 种农药对赤子爱胜蚓的毒性试验结果(7 d)

Table 1 Toxicity measurement of two pesticides on *Eisenia foetida* (7 d)

浓度 / mg · kg <sup>-1</sup>		0	125	250	500	1 000
死亡率 / %	甲胺磷	0 ± 0	28.3 ± 10.4	45.0 ± 13.2	66.7 ± 12.5	98.3 ± 2.8
	辛硫磷	0 ± 0	25.0 ± 10.0	36.7 ± 8.8	55.0 ± 7.6	100.0 ± 0

表 2 赤子爱胜蚓对甲胺磷的回避行为试验(96 h)

Table 2 Experimental results from excluding behavior of *Eisenia foetida* towards methamidophos (96 h)

浓度 / mg · kg <sup>-1</sup>	250			50			10			CK(0)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
投放数 / 条	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
逃逸数 / 条	7	4	8	11	11	7	8	7	4	1	-3	3
死亡数 / 条	7	8	4	1	0	2	0	0	0	0	0	0
回避率 / %	53.8	33.3	50.0	57.9	55.0	38.9	40.0	35.0	20	5.0	-15.0	15.0
平均 / %	45.7 ± 10.9			50.6 ± 10.2			31.7 ± 10.4			1.7 ± 15.3		

表3 赤子爱胜蚓对辛硫磷的回避行为试验(96 h)

Table 3 Experimental results from excluding behavior of *Eisenia foetida* toward phoxim(96 h)

浓度/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	500			100			20			CK(0)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
投放数/条	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
逃逸数/条	9	6	7	9	11	11	8	9	6	1	2	-2
死亡数/条	5	6	8	2	0	0	0	0	1	0	0	0
回避率/%	60.0	42.9	58.3	50.0	55.0	55.0	40.0	45.0	31.6	5.0	10.0	-10.0
平均/%	53.7 ± 9.4			53.3 ± 2.9			38.9 ± 6.8			1.7 ± 10.4		

( $LD_{50}$ )时,由于蚯蚓受害严重,个体活性减低,迁移率反而减低,甚至大量死亡。

试验证明,本实验装置对有机磷杀虫剂污染土壤的检测是非常有效的,比利用半致死浓度( $LD_{50}$ )的毒理学检测方法,灵敏度可提高5~25倍。该方法是否适合其他类型农药,甚至重金属和石油类污染物污染的土壤的检测,还有待进一步的试验研究。

#### 参考文献:

- [1] Pankhurst C E, et al. Defining and assessing soil health and sustainable productivity[A]. Biological Indicators of Soil Health[C]. CAB International, 1997: 1 - 324.
- [2] Brookes C E, et al. The use of microbial parameters in monitoring soil

pollution by heavy metals[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 1995, 19: 269 - 279.

- [3] Jordan D, et al. Evaluation of microbial methods as potential indicator of soil quality in historical agricultural field[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 1995, 19: 297 - 302.
- [4] Paoletti M G. Biodiversity in agro - ecosystems - role for sustainability and bio - indication[M]. Lewis Publishing, Boca Raton, USA. 1997. 35 - 42.
- [5] Edwards C A. The effect of contaminants on the structure and function of soil communities, Digest of XI international colloquium on soil zoology, Jyväskylä Finland, 1992.
- [6] 张友梅. 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 - 90.
- [7] Lee K E. Some trends and opportunities in earthworm research[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 1992, 24(12): 1765 - 1771.