

甲胺磷农药污染对土壤动物影响的研究*

李忠武 王振中 邢协加 张友梅

(湖南师范大学资源与环境学系, 长沙 410081)

摘 要 应用甲胺磷农药对土壤动物进行污染模拟实验. 结果表明, 甲胺磷农药对土壤动物有明显影响, 并随着甲胺磷溶液处理浓度的增加, 土壤动物的种类和数量显著减少; 多样性指数, 高处理浓度(0.54ml/L)时为 3.7596, 低处理浓度(0.01ml/L)时为 5.7962, 对照组则为 8.5714. 大型土壤动物蚯蚓的染毒实验表明, 甲胺磷对蚯蚓有明显的致死作用, 其半致死浓度(LC₅₀), 24h 为 13.7ml/L, 48h 为 5.4ml/L, 72h 为 3.9ml/L, 计算所得蚯蚓生活的安全浓度为 0.2517ml/L.

关键词 土壤动物, 蚯蚓, 甲胺磷, 模拟实验.

农药作为一种重要的环境污染物, 国际上有关其污染的生物毒理学原理已作了大量工作. 我国环境科学工作者对农药在土壤中的降解、残留和转化规律以及对动植物和微生物的影响开展了广泛的研究^[1-4], 而对土壤动物影响的研究较少见. 土壤动物是农药污染的重要指示生物, 能敏感反映土壤污染程度和生态学效应^[5], Briggles 的实验研究证明了农药污染对土壤动物新陈代谢以及卵的数目和孵化能力均有影响^[6], 本研究通过对甲胺磷污染模拟实验, 探讨农药污染对土壤动物群落的影响, 取得了比较理想的结果, 这对于农业环境保护和土壤生态系统平衡有着重要意义.

1 材料与方法

1.1 供试土壤

土壤采自岳麓山地区桔园土和森林土, 于室内将土壤充分混合, 然后分别量取 500g 作为一个土壤样品, 共处理 18 个, 进行中小型土壤动物的分离提取.

1.2 农药品种

浓度为 50% 的甲胺磷乳剂(湖南农药厂出品).

1.3 大型土壤动物

蚯蚓采自岳麓山地区菜园土, 种类为白颈环毛蚓(*Pheretima californica*)和壮伟环毛蚓(*Pheretima robusta*).

1.4 实验方法

(1) 染毒处理 甲胺磷溶液的配制, 采取 0.6 的等自然对数间距, 共设置 5 个浓度梯度, 即 0.04ml/L, 0.09ml/L, 0.16ml/L, 0.30ml/L, 0.54ml/L, 以不加甲胺磷的蒸馏水作对照处理, 将混合均匀的土壤样品各 500g 分别放入已备好的培养缸中, 每个处理重复 3 次, 6 个处理, 各处理浓度的甲胺磷溶液为 50ml, 均匀撒施于土壤中.

(2) 土壤动物分离 经甲胺磷农药处理的土壤样品, 经 24h、48h、72h 后, 用干漏斗法(Tullgren appartus)和湿漏斗法(Baermann appartus)分离提取土壤动物, 并进行计数和分类^[7]. 同时, 为进一步探讨甲胺磷农药对土壤动物影响的致死效应, 进行了 5 个高浓度(1ml/L、1.8ml/L、3.2ml/L、5.6ml/L、10ml/L)的辅助处理.

(3) 大型土壤动物 将采集来的蚯蚓均匀搭配分为 4 个组, 每组蚯蚓 23 条(重约 17g). 甲胺磷溶液处理, 采用 0.6 等自然对数间距设置 4 个浓度梯度: 3.2ml/L、5.6ml/L、10ml/L、18.2ml/L. 在每个培养缸中先放入 100g 土壤, 再放入已分组的蚯蚓, 然后均匀喷洒各浓度甲胺磷溶液 10ml, 再用纱布盖好, 保持良好的通

* 国家自然科学基金资助项目(39230070)和湖南省自然科学基金资助项目
收稿日期: 1997-04-08

气状况,随时观察记录蚯蚓的活动.

本实验共进行了 3 批土壤样品处理,获得土壤动物标本 1590 个,隶属于 3 门 6 纲 67 类,其中对照组土壤中获得 612 个动物,计 56 类

2 结果与讨论

2.1 甲胺磷对土壤动物种群多样性的影响 (表 1).

表 1 甲胺磷对土壤动物种类组成的影响

动 物 种 类	甲胺磷溶液浓度/ ml · L ⁻¹						合 计	优 势 度
	0	0.04	0.09	0.16	0.30	0.54		
线虫纲 Nematoda	63	81	53	24	36	25	282	+++
近孔寡毛目 Oligochaeta plesiopora	34	43	14	14	26	12	143	++
盲蛛目 Opiliones		1					1	+
维螨属 Veigaiia Oudemans	1						1	+
克螨属 Kleemannia Oudemans	1						1	+
长须螨属 Stigmaeus Koch	3						3	+
莓螨科 Rhagidiidae	10	4	2	2			18	++
吸螨属 Bdella latreille	2	2					4	+
双瘤吸螨属 Biscirus Sig Thor	5				1		6	+
巨须螨科 Cunaxidae Thor	17	17	2				36	++
绒螨科 Trombidiidae	2	6	1				9	+
虱螯螨科 Pedicullochelidae	1						1	+
螯螨科 Ereyneidae				1			1	+
粉螨科 Acaridae	4	4	1	1			10	+
后气门类 Metastigmata	14	4	1	2	1	3	25	++
直卷甲螨科 Archoplophoridae	3						3	+
地缝甲螨属 Gehyochthonidae Jacot			1	4		1	6	+
东缝甲螨属 Eophyochthonius Jacot	9	14	9	5	5	6	48	++
缝甲螨属 Hyphochthonius C. L. Koch	2	1		3	2		8	+
小缝甲螨属 Hyphochthoniella Berlese	1	1	5	1			8	+
短缝甲螨属 Brachyochthonius Jacot						1	1	+
罗甲螨属 Lohmannia Michael	11	2	1			1	15	+
丘疹甲螨属 Papillacarus Kunst		1				1	2	+
岛甲螨属 Nesiacarus Csiszar	1						1	+
毛罗甲螨属 Vep rackus Aoki	3	2	2		1		8	+
直罗甲螨科 Eulohmanniidae		1					1	+
上罗甲螨属 Epilohmannidae Berlese	5	6	4		3	7	25	++
懒甲螨属 Nothrus C. L. Koch	1						1	+
洼甲螨属 Camisia Heyden	1						1	+
礼服甲螨属 Trhypochthonius Berlese	2			2			4	+
曲汉甲螨属 Cyrtthermannia Balogh		17	4			1	22	++
珠甲螨科 Damaeidae	1				1		2	++
沙甲螨属 Eremulus Berlese	99	88	46	28	13	15	289	+++
角甲螨属 Ceratoppia Berlese	2		1				3	+
盖甲螨属 Tectocephus Berlese	2			1			3	+
隐甲螨属 Dolicheremæus Jacot	4	2	3	3	1	1	14	+
裂头甲螨属 Fissicephus Balogh et Mahunka		1					1	+
奥甲螨属 Oppia C. L. Koch	1						1	+
小奥甲螨属 Opp tella Jacot	3					1	4	+
菌甲螨属 Scheloribates Berlese	4		1	4		1	10	+
副角翼甲螨属 Parachipteriala Van Der Hnmman	2	1					3	+
全大翼甲螨 Pergalumna Grandjean	2	3	1				6	+
幼螨 A carina	14	10	3	8	19	1	55	++

续表 1

动 物 种 类	甲胺磷溶液浓度/ ml · L ⁻¹						合 计	优 势 度
	0	0. 04	0. 09	0. 16	0. 30	0. 54		
蜘蛛目 Araneae	4	3	2				9	+
石蜈蚣目 Lithobiomorpha	2						2	+
球马陆科 Glomeridae	115	44	12	4	3	1	179	++ +
弹尾目 Collombola								
棘 属 <i>Ohychiurus</i> Gervais	1						1	+
奇 属 <i>Xenylla</i>	48	11	5	2	1		67	++
球脚 属 <i>Hypogastrua</i>	32	14	3	4		2	55	++
伪亚 属 <i>Pseudachorutes</i>	11		1				12	+
疣 属 <i>Neanura</i>	2	1		1			4	+
符 属 <i>Fosomina</i> Willem	5		1	1		1	8	+
小等 属 <i>Isotoma</i> Bourlet	2	1	1			1	5	+
等节 属 <i>Isotomiella</i> Bagnall Bourlet	4	1	2	1	1		9	+
长 属 <i>Entomobrya</i> Rondani	1						1	+
短脚 属 <i>Neelus</i> Folsom	3	2	1				6	+
附圆 属		2					2	+
齿棘圆 属 <i>Arthopalites</i>	1	1					2	+
羽圆 属	2	1					3	+
钩圆 属 <i>Bourletiella</i>	2						2	+
裔符 属 <i>Folsomides</i>	1						1	+
粉,科 Liposcelidae	2						2	+
等翅目 Isopter					1		1	+
鳞翅目 Lepidoptera	1						1	+
鞘翅目 Copeoptera	5	4	5	1	2	2	19	++
土蜂科 Scoliidæ		1					1	++
蚊科 Ormicidae	6	4	2	3	2		18	++
双翅目 Diptera	32	17	22	13	3	8	95	++
合 计	612	419	212	133	122	92	1590	

从 5 个处理浓度的结果来看, 低浓度 (0. 04ml/L) 组土壤动物有 36 类, 占土壤动物种类的 54%, 数量 419 个, 则仅占动物量的 26. 4%; 而在高浓度(0. 54ml/L) 组中, 仅有 18 类和 92 个动物, 分别占动物量的 5. 8%, 和种类数的 27%. 种群多样性指数是反映动植物群落功能组织特征的重要生物指标, 根据 Mar-galef 多样性指数(H') 公式:

$$H' = \frac{S - 1}{\log_e N}$$

式中, S 为种类数, N 为总个体数. 对照组多样性指数 H' 为 8. 5714, 低浓度组为 5. 7962, 而在高浓度组多样性指数 H' 值仅为 3. 7596(表 2), 表现出明显递减趋势, 即随甲胺磷溶液处理浓度的增加, 土壤动物种类显著减少, 故根据甲胺

磷农药对土壤动物种类和数量的影响规律, 可以作为土壤农药污染的重要指标.

表 2 不同甲胺磷处理浓度下多样性指数 H' 值的变化

项目	甲胺磷溶液浓度/ ml · L ⁻¹					
	0	0. 04	0. 09	0. 16	0. 30	0. 54
动物类群数	56	36	29	22	18	18
动物个体数	612	419	212	133	121	92
多样性指数 H'	8. 5714	5. 7962	5. 2272	4. 4987	3. 7469	3. 7596

如果把不同处理浓度的土壤动物数量作为纵坐标 y , 以各个浓度的自然对数 $\ln c$ 作为横坐标 x , 进行回归分析, 可以更加清楚地看到土壤动物数量随甲胺磷溶液浓度的增加, 呈明显的递减变化, 并且两者呈很近似的直线相关. 用最小二乘法作关于 $y = A + B(3 + x)$ 的一元线性回归拟合, 得 A 、 B 的值分别为 344. 4 和-

124, 且回归拟合的效果也是令人满意的, 其相关指数 R 为 -0.8877 (图 1a), $|R| > r_{0.05} = 0.8783$, 可信度为 95%. 故从回归方程可知: 土壤动物数量与甲胺磷农药浓度的自然对数呈明显负相关. 在另一组高浓度的辅助实验中, 两者的关系更为密切 (图 1b), 相关指数 R 为 0.9745 , 达到 99% 的置信度. 本实验结果表明: 农药的科学用量十分重要, 如何达到既消灭农业害虫, 又不太影响农田生态环境和生态平衡的目标, 值得进一步深入研究.

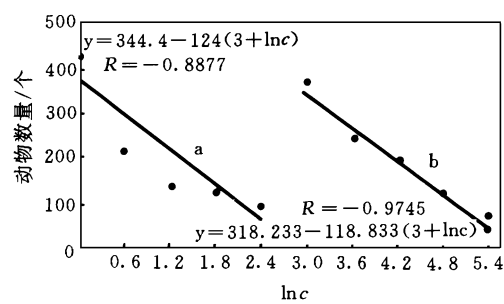


图 1 土壤动物数量与甲胺磷浓度的关系

污染实验结果可以看出土壤动物对甲胺磷农药敏感程度有很大差异: 蜱螨类 (Acarina)、线虫类 (Nematoda)、弹尾类 (Collembola) 和球马陆类 (Glomeridae) 是优势类群 (占总捕量 10% 以上的类群), 分别占动物总量的 41.5%、17.7%、11.2%、11.3%; 近孔寡毛目 (Oligochaeta plesiopora)、膜翅目 (Hymenoptera)、鞘翅目 (Coleoptera)、双翅目 (Diptera) 为常见类群 (占动物量 1%–10% 的类群), 分别占土壤动物总量的 9.0%、1.2%、1.2%、6.0%; 其余为稀有类群. 优势类群动物量占土壤动物总量的 81.7%, 而在各个浓度组中, 优势类群的数量则随甲胺磷浓度的升高, 依次降低; 稀有类群表现为随甲胺磷浓度的递增, 其种数依次减少. 故土壤动物数量的减少, 主要是由于优势类群随浓度升高而减少所致, 其种类的减少则主要是由于稀有类群的减少. 例如: 优势类群中的弹尾类分别和球马陆类, 对于甲胺磷特别敏感, 在对照组中, 球马陆和弹尾类分别占到全捕量的 7.2% 和 7.2%, 而在低浓度

(0.04ml/L) 处理中, 2 类相加还不到全捕量的 0.4%; 蜱螨类则表现为规律性递减, 即使在高浓度处理中仍占动物全捕量的 2% 以上 (表 1). 故认为将甲胺磷作为一种高效杀螨剂, 有待进一步探讨.

2.2 甲胺磷对甲螨类的影响

蜱螨目中的甲螨亚目, 共有 27 类, 490 个, 分别占蜱螨目类群数和个体数量的 69.2% 和 78.7%, 所以甲螨的变化基本可反映蜱螨受甲胺磷污染影响的大小. 实验结果表明甲螨随着甲胺磷浓度增加, 其种类和数量均呈下降趋势. 如在对照组中有甲螨 159 个、21 类, 占甲螨总数的 32.9% 和类群数的 77.8%, 在低污染组有 140 个、14 类, 占甲螨总数的 28.9% 和种类数的 51.9%; 在高污染组只有 36 个、11 类, 所占比例分别为 7.4% 和 40.7% (表 3). 故认为甲螨是农药污染的敏感指示生物, 应用甲螨来监测土壤污染的研究, 具有一定的应用前景^[7].

表 3 甲螨种群数与甲胺磷溶液浓度关系

项目	甲胺磷溶液浓度/ml · L ⁻¹					
	0	0.04	0.09	0.16	0.30	0.54
个体数/个	159	140	78	51	26	36
种类数	21	14	12	9	7	11

2.3 甲胺磷对大型土壤动物蚯蚓的影响

实验共进行 4 个浓度的处理 (3.2ml/L、5.6ml/L、10ml/L、18.2ml/L), 每个处理为 23 条蚯蚓 (每条重约 17g). 种类为白颈环毛蚓 (*Pheretima californica*) 和壮伟环毛蚓 (*Pheretima robusta*). 结果表明, 低浓度 (3.2ml/L) 处理组, 在 24h 时无死亡现象, 只有少数个体出现异常, 表现为行动迟缓, 生活能力降低. 48h 后, 少数个体开始死亡, 在 120h 后全部死亡 (表 4), 这说明该浓度对蚯蚓的影响比较迟缓, 而在高浓度条件下, 实验开始即出现蚯蚓活动频繁, 随之活动能力大为减弱, 至 24h 已全部死亡. 根据各浓度不同时刻死亡率, 应用直线内插法^[9], 求得 24h LC₅₀ 为 13.7ml/L, 48h 为 5.4ml/L, 72h 为 3.9ml/L. 生物在污染环境中生活的安全浓度公式^[9]可表示为:

安全浓度= $\frac{48TLM \times 0.3}{(24TLM/48TLM)^2}$ (mg/ L、ml/L)

式中,TLM 即表示半致死浓度 LC₅₀.

根据安全浓度公式和所求的半致死浓度可计算出蚯蚓生活的安全浓度为 0.2517ml/L,这一实验结果可以看到,蚯蚓对甲胺磷农药极其敏感,可作为土壤污染的重要指示动物^[10],并且具有更为广泛的应用前景^[11].

为进一步了解蚯蚓对甲胺磷的反应程度,选用表 4 的 2 个高浓度和 33.1ml/L 的浓度,采用接触滤纸法进行急性中毒实验,由于缺乏土壤等媒介物的缓冲作用,使蚯蚓与药液直接接触,故 3 个浓度下的蚯蚓在 12h 内即全部死亡,由此亦可见,蚯蚓对甲胺磷农药的高度敏感性.

浓度/ml · L ⁻¹	不同时间蚯蚓死亡率/h				
	24	48	72	96	120
3.2	0	6	23	91	100
5.6	0	51	94	100	
10	14	100			
18.2	100				

3 小结

(1) 土壤动物种群和数量随甲胺磷溶液处理浓度的递增而减少.

(2) 优势种群为蜉蝣、线虫、弹尾和球马陆,4 大类群占土壤动物总量的 81.7%,其中以蜉蝣类中的甲蝽耐污能力最强,它也有同样的

变化趋势,故可用甲蝽来监测土壤污染.

(3) 对大型土壤动物蚯蚓的染毒实验结果表明,蚯蚓的半致死浓度 LC₅₀,在 24h、48h、72h 分别为 13.7ml/L、5.6ml/L、3.9ml/L,安全浓度为 0.2517ml/L,可以作为土壤污染的重要指示生物.

参 考 文 献

- 1 华小梅等. 涕灭威在土壤中的降解特性. 农村生态环境, 1995, 11(4): 9- 13
- 2 蔡力, 蒋梅茵. 绿磺隆在土壤中的残留与危害. 农村生态环境, 1995, 11(2): 39- 42
- 3 莫汉宏等. 农药单甲脒盐酸盐在棉田生态系统中的残留与持续性研究. 环境科学, 1996, 17(1): 5- 7
- 4 龚平. 多效唑的土壤微生物生态效应. 环境科学, 1996, 17(4): 36- 38
- 5 王振中等. 有机磷农药对土壤动物群落结构的影响研究. 生态学报, 1996, 16(4): 357- 366
- 6 Briggle G. Effect of pesticides on metabolism and population development of terrestrial enchytraeid species. Digest of International Colloquium on Soil-Zoology. Finland: Jyväskylä, 1992: 137
- 7 尹文英等. 中国亚热带土壤动物. 北京: 科学出版社, 1992
- 8 陈国定. 应用甲蝽监测土壤污染研究. 中国环境科学, 1991, 11(2): 100- 103
- 9 杨彬然等编. 环境生物学. 北京: 中国环境科学出版社, 1990
- 10 王振中, 张友梅. 湘江流域工业污染源对农田生态系统土壤动物群落影响的研究. 应用生态学报, 1990, 1(2): 156- 164
- 11 Wang Zhenzhong and Zhang Youmei. Influence of industrial pollution source on soil animal community structure. International Journal of Environmental Health Research, 1992, 2: 89- 98

spectively. These measurements revealed that SRB can better adapt to conditional changes, and has less attachment ability to granules compared with methanogenic bacteria, which certify the possibility to treat high strength organic wastewater containing sulfate using two phase anaerobic digestion process in microbiological aspects. The effects of sulfate reduction on methanogeneses in anaerobic reactor based on the SRB growth and distribution were discussed.

Keywords: SRB, two phase anaerobic digestion, UASB reactor.

Simulating Toxicity Tests of Methamidophos Pesticide to Soil Animals. Li Zhongwu and Wang Zhenzhong et al. (Dept. of Resource and Environment, Hunan Normal University, Changsha 410081): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18** (6), 1997, pp. 45—49

Results of simulating experiments on methamidophos pesticide to soil animals showed that the methamidophos pesticide has an obvious effect on soil animals, the species and the amount of soil animals decrease obviously with increasing of methamidophos pesticide treating concentration; the diversity indexes are 3.7596, 5.7962 and 8.5714 for 0.54ml/L, 0.01ml/L and control of methamidophos pesticide treating concentration respectively. Toxicity test of earthworm showed that the methamidophos pesticide influences obviously earthworm, their LC_{50} are 13.7ml/L, 5.4ml/L and 3.9ml/L for 24 hours, 48 hours and 72 hours respectively. Safe concentration calculated of earthworm living is 0.2517ml/L.

Keywords: soil animal, earthworm, methamidophos, simulating experiment.

Bioaccumulation of Two Speciations of Rare Earth Elements in Rice Seedling. Wang Qin, Sun Hao et al. (State Key Lab of Pollution Control and Resources Reuse, Dept. of Environ. Sci. & Engin., Nanjing Univ., 210093): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(6), 1997, pp. 50—52

Bioaccumulation of light, medium, and heavy rare earth elements and their EDTA-complexes by rice seedling was investigated simultaneously. The results showed that the bioaccumulation values in the root and above ground

parts (stem & leave) of the rice seedling were positively correlated with the concentration of the rare earth elements in the culture solution. The results all showed that the ion speciation of the rare earth elements was the effective speciation for the root of plant, the order of bioaccumulation values was: root > stem & leave; the bioaccumulation values of EDTA-complexes in the root decreased obviously, while in the stem & leave the value increased evidently, so the speciation of EDTA-complexes was the effective speciation for the above ground parts of plant.

Keywords: rare earth ion, rare earth-EDTA complexes, bioaccumulation, rice, seedling.

A Study on the Characteristics of Reaction of Dichloramine and Bromide at Water Chlorination. Huang Xuejuan and Zhang Danian (Research Institute of Environ. Eng., East China Univ. of Sci. and Tech., Shanghai 200237): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(6), 1997, pp. 53—57

Monochloramine and dichloramine can be formed at water chlorination which containing ammonia. The chloramine react with bromide contained in water. The reaction rate increases with pH elevating and decreases with descent of bromide concentration. There is an introducing period in the reaction, and this period are inverse proportion with logarithm of bromide concentration. The reaction rate is first order reaction for dichloramine. Reaction products are studied by UV spectrum, gas chromatograph and polytetrafluoroethylene micro porous permeation, and Br^- and N_2 have been affirmed. The reaction formula can be inferred.

Keywords: dichloramine water, chlorination, bromide, introducing period, UV spectrum, gas chromatograph, polytetrafluoroethylene micro porous permeation.

Study on SO_2 Absorption with Manganese Waste Slag to Produce $MnSO_4 \cdot H_2O$. Ning Ping et al. (Dept. of Environ. and Che. Eng., Kunming Univ. of Science and Technology, Kunming 650093): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(6), 1997, pp. 58—60

The experimental research of SO_2 desulphurization with manganese waste slag from a $MnSO_4 \cdot H_2O$ production plant has been done