

357-366

www.zqvip.com

第16卷第4期
1996年8月生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 16, No. 4
Aug., 1996有机磷农药对土壤动物群落
结构的影响研究王振中
郑云友张友梅
胡觉莲夏卫生
邢协加

(湖南师范大学资源与环境学系, 长沙, 410081)

颜亨梅

郭永灿

赖勤

(湖南师范大学生物系, 长沙, 410081)

A

摘要 本文研究了有机磷农药废水灌溉对土壤动物群落结构的影响, 并探讨了影响机理。结果表明, 土壤动物种类和数量随着农药影响程度的增加而减少, 在农药污染影响严重的1,2区, 计有土壤动物21类和22类, 动物平均密度为28 571个/m²和51 269个/m², 受中度和轻度污染影响的3,4区分别有35类和47类, 平均密度为59 285个/m²和156 587个/m², 污染区土壤动物种类的减少主要由于常见类群和稀有类群的减少, 土壤动物的数量变化则主要由于优势类群线虫类、弹尾类和蜱螨类的数量消长所致。毒理研究表明, 农药污染对大型土壤动物蚯蚓的呼吸代谢强度有明显抑制作用; 扫描电镜观察发现, 重度和中度污染区星豹蛛肠粘膜细胞层出现弥漫性溃疡、肿大、穿孔等病理变化。

关键词: 有机磷农药, 土壤动物, 群落结构, 呼吸强度, 病理变化。

EFFECTS OF ORGANOPHOSPHORUS PESTICIDE
ON COMMUNITY STRUCTURE OF SOIL ANIMALSWang Zhenzhong Zhang Youmei Xia Weisheng
Zheng Yunyou Hu Juelian Xing Xiejia

(Resource and Environment Department, Hunan Normal University, Changsha, China, 410081)

Yan Hengmei Guo Yongcan Lai Qin

(Biology Department, Hunan Normal University, Changsha, China, 410081)

Abstract This paper deals with the changes of soil animal community structure in contaminated and irrigated area by organophosphorus pesticide, and inquired into the mechanism of this effect. The results showed that the species and quantities of the soil animals were decreased with increasing of pesticide pollution degree. In heavy pollution area, 1,2 plot, there

- 国家自然科学基金资助项目。唐本安、许辅会、宋马宁同志参加部分工作, 谨致谢意。
收稿日期: 1994 09 15, 修改稿收到日期: 1996 01 19。

were 21 species and 22 species of the soil animals collected, the animal densities were 25 571 and 51 269 ind./m² respectively. In middle and light pollution area, 3,4 plot, there were 35 and 47 species of soil animals, the densities were 29 285 and 156 587 ind./m². The species of soil animals was decreased with decreasing of common population and rare population, while the amount change of soil animal was associated with the amount change of the dominant populations of *Acarina*, *Collembola* and *Nematode*. Toxicity experiment demonstrated that the respire intensity of earthworm was restricted obviously by the pesticide pollution. After observation with scanning electron microscope, pervasive ulcer, tumid and perforation etc. on intestinal catarrh could be found in *Porodosa astrigera* collected from heavy and middle polluted area.

Key words: organophosphorus pesticide, soil animal, community structure, respire intensity, pathological changes.

现代土壤动物学研究,已进入生物生产力和对人类与环境关系的研究阶段。农药是一种化学性环境污染物,目前世界上使用的化学农药品种已超过千种,其中以有机磷农药品种最多。人们发现由于农药的大量施用而导致农田生态系统敏感生物种类的减少,耐污染种类的相对增多。生活在土壤中的动物是土壤污染的敏感指示生物,应用土壤动物监测土壤污染的研究已引起许多国家的重视^[1~3]。1985年在新德里召开了“国际环境生物监测学术会议”,1988年召开的第10届国际土壤动物学术会议以及近年召开的第11届国际土壤动物学术会议、第5、6届国际生态学大会和第4、5届国际蚯蚓生态学专题讨论会等,均把土壤污染对土壤动物的影响列为大会专题进行学术交流。Brügge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^[4]; Edwards认为农药污染对自然和农业生态系统的结构与功能均有影响^[5]; Lee认为应用蚯蚓监测环境污染,分析蚯蚓组织中的某些重金属和农药含量,可以作为环境污染程度的监测指标^[6];有调查表明,大量施用农药的农田使土壤中90%以上的蚯蚓死亡。因此,进行农药污染区土壤动物群落结构和生态毒理学研究,可以作为土壤污染监测和土壤质量评价的重要生物指标^[9~11]。利用土壤动物群落监测土壤污染的研究,是一项值得深入探讨的研究领域。

1 材料与方法

1.1 农药污染区环境概况与研究方法

湖南易家湾农药厂生产的主要农药品种有甲胺磷、敌敌畏、甲基对硫磷、杀虫脒等,在生产工艺流程中排放的大量农药废水和有毒气体,污染了附近的土壤、水体和大气。本工作沿污灌渠水平方向布点调查,共设5个取样区,分别距离污染源0.1 km(1区)、0.5 km(2区)、1 km(3区)、2 km(4区)和4 km(5区)。在每个取样区随机选点,挖掘土壤剖面,按0~5 cm、5~10 cm、10~15 cm和15~20 cm,用取土环刀分层取样,带回室内用干漏斗法(Tullgran apparatus)和湿漏斗法(Baermann apparatus)分离提取土壤动物。大型土壤动物调查,每次挖掘1 m²土壤采用手检法收集。土壤动物标本分类,一般鉴定到科或属^[12,13]。

1.2 土壤动物呼吸强度的测定

为验证农药污染生物学效应,以大型土壤动物蚯蚓为材料进行呼吸强度测定。在不受

污染影响的岳麓山地区森林土壤中,采集同种成熟个体威廉环毛蚓(*Pheretima guillelmi*),进行农药染毒处理,采用6种浓度甲胺磷溶液:20 $\mu\text{l/l}$ 、100 $\mu\text{l/l}$ 、310 $\mu\text{l/l}$ 、1 000 $\mu\text{l/l}$ 、3 150 $\mu\text{l/l}$ 和10 000 $\mu\text{l/l}$,用接触滤纸法进行急性中毒处理,每个处理组为10条蚯蚓,并作一次重复,分别经过1、2、3、4、5、6 h后,用SKW-2型呼吸检压仪测定蚯蚓呼吸强度的变化,用微量天平测定蚯蚓的重量。

1.3 土壤动物细胞组织扫描电镜观察

应用扫描电镜研究农药污染引起的土壤动物细胞组织的病理变化。研究材料为污染区土壤动物常见种狼蛛科(Lycosidae)的星豹蛛(*Parodosu astrigera*),分别采集于重污染区(1区)、中污染区(3区)和对照区(5区),带回室内在体视显微镜下解剖,取出蜘蛛中肠,通过固定、脱水、干燥、镀膜等处理步骤,然后用日立S-570扫描电子显微镜进行观察并摄相。

1.4 土壤理化性质的测定

在农药污染区各调查点采集土壤样品进行理化指标的分析。测定项目和方法:土壤pH值(酸度计法)、土壤有机质(重铬酸钾法)、交换性盐基总量(EDTA 镁盐速测法)、阳离子代换量(EDTA 铵盐速测法)、水解N(扩散吸收法)、全N(高氯酸-硫酸硝化法)、全 P_2O_5 (高氯酸-硫酸钼锑比色法)、全K(火焰光度法)、土壤容重(环刀法)、土壤机械组成(比重计法)。

2 结果与分析

2.1 农药污染对土壤动物群落结构的影响

2.1.1 农药污染对土壤动物种类与数量组成的影响 含有高浓度的农药废水具有窒息性臭味,成为当地农田灌溉的主要水源,在污灌的长期影响下,土壤环境恶化,生活在土壤中的动物种类明显减少。近年通过对污灌区土壤动物的系统定位调查,共获得7 222个动物标本,经分类鉴定隶属于4门12纲68类。污染区土壤动物分布与污染程度有密切关系。在污染影响严重的1、2区计有21类和22类,分别占土壤动物全捕量的4.98%和8.94%;受中度和轻度污染的3、4区各有35类和47类,分别占土壤动物总量的10.34%和27.32%,远离污染源的5区有58类,占土壤动物总量的48.41%(表1)。这与所报道污染区土壤动物种类和数量随着污染影响程度的增加而减少的结果是一致的^[14]。物种多样性变化是衡量群落结构水平和生态学特征的重要量度指标,计算结果表明,土壤动物多样性 H' 值以对照区最高,为4.4404,4区 H' 值为3.8242,受污染影响严重的1、2、3区 H' 值相对较低。

表1 农药污染区土壤动物群落重要指标值

Table 1 Indexes of the soil animal community in pesticide pollution area

指 标 Index	样 地 号 No. of plots				
	1	2	3	4	5
类群数 Group number	21	22	35	47	58
个体总数(个) Total number of ind.	360	646	747	1973	3496
多样性指数(H') Diversity index	3.3564	2.9448	3.3293	3.8242	4.4404

2.1.2 农药污染对土壤动物优势类群的影响 在污染区广泛分布的优势类群(占土壤动物全捕量10%以上的类群)为蜚蠊类、弹尾类和线虫类,分别占土壤动物全捕量的34.58%、

29.36%和 16.96%, 3 类群共占土壤动物全捕量的 80.9%(表 2)。这些广适性类群具有较强的耐污染能力, 是污染区土壤动物群落的主体, 特别是在重污染区, 蜱螨类、弹尾类和线虫类 3 类群则占该区土壤动物总量的 95.54%, 具有更高的优势度, 而对照区 3 类群仅占该区土壤动物总量的 70.46%, 即优势度明显降低, 说明农药污染对土壤动物的数量影响主要是优势类群的数量消长。然而, 从优势类群的种类组成来看, 受农药污染影响仍然十分显著。在组成优势类群的 26 科动物中, 真正分布较广和数量较多的种类是蜱螨类的奥甲螨科、上罗甲螨科、粉螨科、大翼甲螨科, 弹尾类的球角跳科、等节跳科、棘跳科以及线虫类的绕线虫科、小杆科和矛线科动物, 这 10 个科的动物量占优势类群动物总量的 87.64%, 是构成优势类群的主体, 其它 16 科动物则对农药污染影响相对比较敏感, 有的成为常见类群或稀有类群及至消亡, 例如在重污染区(1 区)仅发现 13 个科, 而轻污染区(4 区)则有 23 个科。

表 2 农药污染区优势类群种类组成与数量(个)分布

Table 2 Soil animal species and quantity distribution of the dominant population in the pesticide pollution area

动 物 种 类 Animal species	样 地 号 No. of plots				
	1	2	3	4	5
线虫类 Nematoda					
矛线科 Dorylaimidae	13	36	32	95	127
单齿科 Mononchidae	4			3	1
垫刃科 Tylenuchidae	5	4	7	34	56
异皮科 Heteroderidae				1	
小杆科 Rhoditidae	8	25	45	60	156
绕线虫科 Plectidae	8	19	21	70	265
蛇线科 Camacolaimidae		1	1		5
索 科 Mermithidae	6			23	1
双胃科 Diplogasteridae		1	3	1	25
斯线科 Steinernematidae	4	9	7	9	31
尖尾科 Oxyuroidae					2
蜱螨类 Acarina					
奥甲螨科 Oppidae	64	13	55	276	365
单翼甲螨科 Haplozetidae			37	110	74
地缝甲螨科 Gehypochthonidae	46	45			
上罗甲螨科 Epilohmanniidae			28	561	239
卷甲螨科 Phthiracaridae		9		18	64
大翼甲螨科 Galumnidae			8	37	95
粉螨科 Acaridae	37	19	18	3	129
吸螨科 Bdelloidae				37	74
真足螨科 Eupodidae				19	10
弹尾类 Collembola					
球角跳科 Hypogastruridae	92	249	341	315	556
棘跳科 Onychiuridae	39	154		43	33
园跳科 Sminthuridae	6			34	11
鳞跳科 Tomoceridae				6	28
疣跳科 Neanuridae		23	6	7	24
等节跳科 Isotomidae			21	45	87

2.1.3 农药污染对土壤动物常见类群和稀有类群的影响 研究结果表明,农药污染区土壤动物种类的减少,主要由于常见类群和稀有类群的减少或消失。污染区的常见类群和稀有类群计有 42 类,其中近孔寡毛类的裸线蚓属、蜘蛛类的狼蛛科和微蛛科动物为常见类群(占土壤动物全捕量 1% 以上的类群),3 类群占土壤动物全捕量的 11.21%;其它 39 类为稀有类群(占全捕量 1% 以下类群),仅占土壤动物全捕量的 7.89%。就类群数而言,常见和稀有类群为污染区类群总数的 61.76%,而个体数量仅为污染区动物总量的 19.1%,说明这些类群中的多数种类对农药污染反应特别敏感,在污染区尤其是重污染区难以生存和繁衍^[1]。如后孔寡毛类、等足类、唇足类、倍足类以及昆虫纲中的双尾类、直翅类、蛩虫类、同翅类、半翅类、缨翅类、鳞翅类、革翅类等,在重污染区极少发现,而在轻污染区和对照区普遍存在(表 3)。

表 3 农药污染区常见类群和稀有类群的组成与分布

Table 3 Composition and distribution of common population and rare population in the pesticide pollution area

动物种类 Animal species	样地号 No. of plots				
	1	2	3	4	5
涡虫纲 Turbellaria					6
寡毛纲 Oligochaeta					
	9	6	21	16	371
	2	3	1	1	3
		8	21		29
			11	3	11
					9
					10
				6	
腹足纲 Gastropoda			12		
			1		1
					9
甲壳纲 Crustacea					
蛛形纲 Arachnida	4	4	15	35	209
	2		4		19
	5	10	3	2	99
				6	18
		5			25
			4	27	30
				4	3
软甲纲 Malacostraca					4
	3		2	15	18
					12
唇足纲 Chilopoda					
倍足纲 Diplopoda			1	8	2
	1		4	6	19
				1	58
综合纲 Symphyla					
昆虫纲 Insecta					1
		1		3	2
			5		
			2	8	4
				1	
			1		2
		2	2	3	5
			1	2	35

续表 3

动 物 种 类 Animal species	样 地 号 No. of plots				
	1	2	3	4	5
拟步甲科 Tenebrionidae				2	6
叩甲科 Elateridae	1				
毛蚊科 Bibionidae					1
水蝇科 Dimocnia austrina					1
蠼螋科 Labiduridae					4
同翅目 Homoptera			1	2	1
半翅目 Hemiptera				1	
缨翅目 Thysanoptera			1		
膜翅目 Hymenoptera	1		4	7	11
鳞翅目 Lepidoptera				1	
Σ 个体数 (Total number) (个)	28	39	117	160	1038
种类数 (Number of species)	9	8	21	23	34

2.1.4 土壤理化特性的变化对土壤动物的影响 通过对易家湾污灌区土壤理化指标的分析,结果表明,重污染区土壤有机质含量 7.64%,均高于其它各区,N、P、K 含量及阳离子交换量亦与其它各区相当(表 4),然而土壤动物密度仅为 28 571 个/m²,远低于其它各区;对照区土壤动物密度高达 277 460 个/m²,为重污染区的 10 倍。可以说,农药污染区土壤动物的减少,并非土壤养分贫瘠造成的。在通常条件下,土壤动物丰度是土壤肥力的重要指标^[16]。农药污染区则完全不同,在污灌的长期影响下,农药累积,土壤环境恶化,生态平衡遭到破坏。重污染区土壤 pH 值下降为 4.45,明显酸化,土壤容重增加,总孔隙度 49.71%,均比其它各区为低。这些理化性质的改变,无疑限制了土壤动物的生存和繁衍。

表 4 农药污染区土壤理化特性与土壤动物密度

Table 4 The soil properties of physics, chemistry and soil animal density in pesticide pollution area

样地号 No. of plots	pH (H ₂ O)	有机质 (%) O. M	阳离子交 换量 CEC (μl/100g)	全 N (%) Total N	全 P ₂ O ₅ (%) Total P	全 K (%) Total K	土壤容重 (g/cm ³) Bulk density	总孔隙度 (%) Porosity	土壤动物 Soil animal	
									种类 Species	密度(个/m ²) Density
1	4.45	7.64	13.15	0.11	0.22	0.26	1.2	49.71	21	28 571
2	5.04	5.94	12.58	0.06	0.06	2.41	1.27	51.28	22	51 269
3	5.39	6.55	12.99	0.16	0.31	2.39	1.07	59.28	35	59 285
4	5.84	6.11	16.87	0.11	0.21	2.48	1.27	51.62	47	156 587
5	7.02	6.49	17.11	0.18	0.37	2.90	1.05	59.96	59	277 460

2.2 农药污染对土壤动物呼吸代谢的影响

80 年代以来,生态毒理学在探讨毒物对生态系统、生物种群和群落所产生的毒害效应等方面,获得了十分有意义的研究成果^[17~21],对了解毒物在环境中的迁移、转化和归宿,确定和预报生态毒性,建立生态毒理阈限值标准,推动化学物质的安全评价,起了重要作用。本研究以大型土壤动物蚯蚓为材料进行染毒实验。蚯蚓是用体表呼吸的环节动物,在土壤动物中是比较理想的呼吸毒理研究对象。初步研究结果看出:农药污染浓度越高或接触历

时越长,则蚯蚓呼吸强度逐渐减弱及至引起死亡(表 5);而在同一浓度(1 000 $\mu\text{l/l}$)下,经不同接触历时,则蚯蚓呼吸强度随接触历时的延长而下降(表 6),至 12 h 后多数蚯蚓未能存活。同时蚯蚓呼吸强度的变化与发育年龄、个体大小有关。实验过程中发现,幼蚓在 1 000 $\mu\text{l/l}$ 溶液毒害下 1 h 后死亡,而成蚓则仍能恢复正常,个体大的蚯蚓耐污染能力相对增强。因而进行呼吸毒理研究可以作为农药污染监测和指导大田农药用量的依据之一。呼吸强度公式为^[33]:

$$Q = h \cdot k/m \cdot t = \frac{\frac{V_g \cdot 273}{T'} + V_l \cdot a}{P_0} \cdot h/m \cdot t$$

式中, h 为压力计读数; K 为反应瓶常数; V_g 为反应瓶的气体体积; V_l 为反应瓶中液体体积; T' 为水浴的绝对温度; P_0 为标准大气压; a 为一标准大气压下,温度为 T' 时气体在反应瓶中的溶解度。

表 5 蚯蚓接触不同浓度甲胺磷溶液相同历时后的呼吸强度($t=1$ h)

Table 5 Respire intensity of earthworms contacting different concentration of acephatemet solution after same hours

浓 度 Concentration ($\mu\text{l/l}$)	鲜 重 Fresh w. (mg)	体 积 Volume (ml)	呼 吸 强 度 Respire intensity ($\mu\text{l/g} \cdot \text{h}$)					
			10'	20'	30'	40'	50'	60'
0	744.5	0.62	296.50	296.50	295.79	292.72	292.42	293.27
20	538.0	0.54	272.94	262.18	284.95	286.95	286.95	272.89
100	362.0	0.32	228.92	198.03	185.33	199.81	198.81	262.89
310	730.4	0.70	192.50	192.50	184.65	169.82	169.82	169.30
1 000	514.2	0.50	158.58	159.13	148.75	153.83	153.83	158.23
3 150	605.8	0.55	143.32	132.95	138.70	139.81	139.81	140.89
10 000	744.5	0.74	11.26	11.23	10.25	—	—	—

表 6 在相同浓度(1 000 $\mu\text{l/l}$)下经不同接触历时的蚯蚓呼吸强度

Table 6 Respire intensity of earthworms after contacting different hours in same concentration solution

接触历时 Hours (h)	鲜 重 Fresh w. (mg)	呼 吸 强 度 Respire intensity ($\mu\text{l/L} \cdot \text{h}$)					
		10'	20'	30'	40'	50'	60'
2	532.2	125.98	123.27	123.27	120.77	120.77	125.29
3	510.7	109.88	109.23	103.53	83.08	83.68	86.27
4	410.5	85.24	85.25	81.21	81.20	68.88	65.83
5	712.7	54.20	52.81	42.95	42.95	44.72	48.25

2.3 农药污染区土壤动物细胞超微结构的病理变化

环境污染对动物细胞超微结构的损伤机理十分复杂,农药污染对土壤动物内部结构的影响,国内外报道尚不多见^[23,24]。本工作对污染区蜘蛛常见种星豹蛛(*Pardosa astrigera*)消化系统超微结构进行了扫描电镜观察(图 1)。蜘蛛在生态系统中属于 2 级消费者,在捕食和饮水过程中,通过食物链将环境中的有毒物质富集于体内而产生毒害效应。通过对星豹蛛消化道肠粘膜扫描电镜观察看出:对照区(5 区)蜘蛛肠粘膜表面由排列紧密的单层柱状上皮细胞组成,细胞界线清晰,排列整齐,形状规则,粘膜表面由纵横交错的浅沟将粘膜划分为许多微隆起的“胃小区”,每个胃小区又分为不整形的曲状嵴,表面分布着许多“胃

小凹”，上披微绒毛。该区所检样品中未发现肠粘膜组织损伤病灶(图 1-A)。

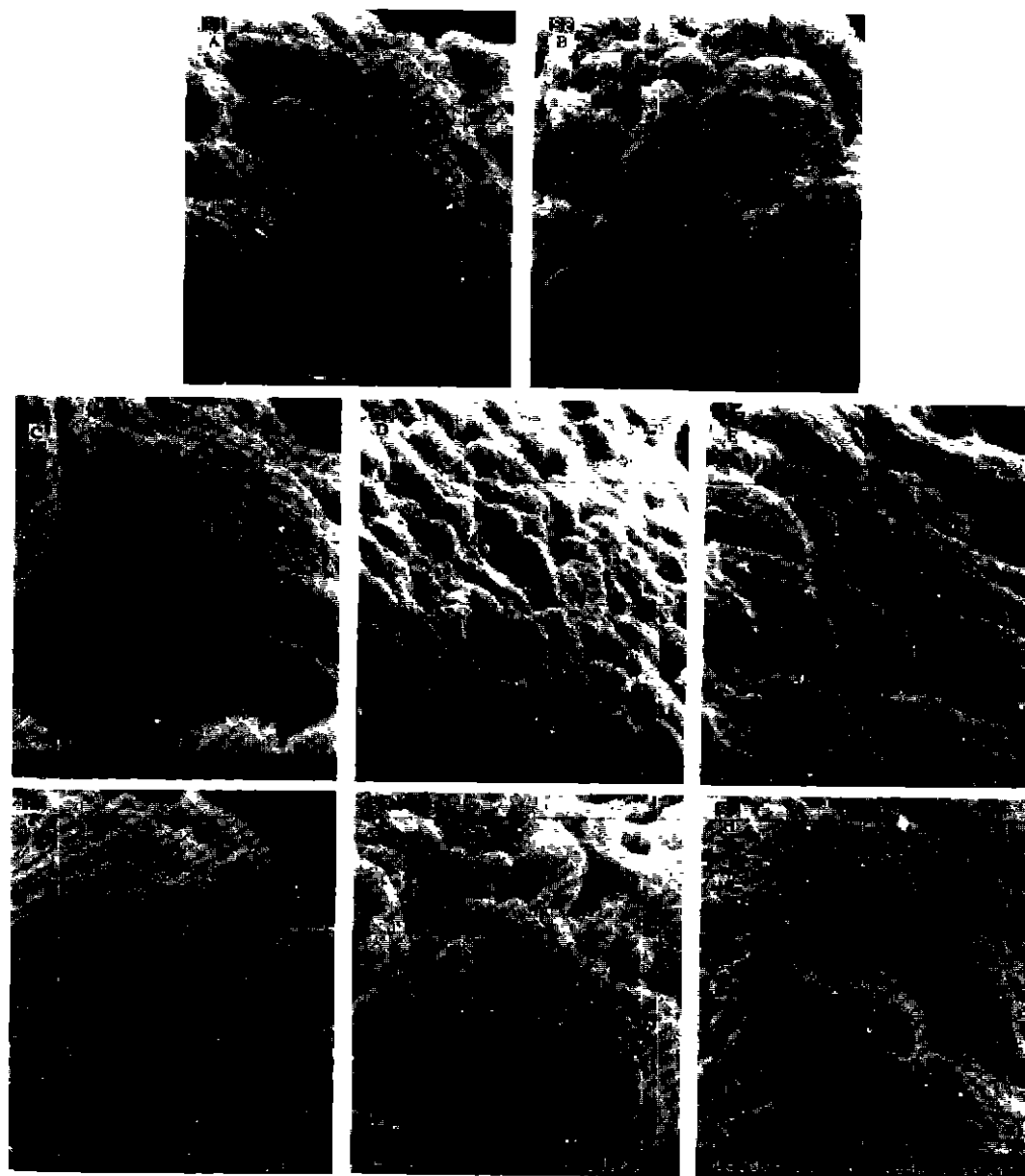


图 1 星豹蛛(*Porodosa astrigera*)肠表面超微结构观察

Fig. 1 Ultrastructural observation on the *Porodosa astrigera* intestine surface

A 对照区(5 区) 星豹蛛(*Porodosa astrigera*)肠表面结构放大 Enlarged surface structure of *Porodosa astrigera* intestine in the compare area(plot 5)

B, C 重污染区(1 区) 星豹蛛(*Porodosa astrigera*)肠粘膜发生弥漫性溃疡并伴有穿孔现象 Pervasive ulcer and perforation on intestinal catarrh of *Porodosa astrigera* in heavy pollution area(plot 1)

D~H 中污染区(3 区) 星豹蛛(*Porodosa astrigera*)肠上皮细胞体积膨大, 胃小凹消失, 局部开始发生溃疡 *Porodosa astrigera*'s intestine epithelial cell expansion, stomach hollow disappearance and a part of stomach ulcered in the middle pollution area(plot 3)

重污染区(1区),星豹蛛肠粘膜上皮细胞发生了明显的弥漫性溃疡,胃区模糊,分界不明显,“胃小凹”消失,大量上皮细胞萎缩,甚至自溶或肿胀,整个粘膜表面散布着许多凝固性坏死病灶,并伴有穿孔等现象(图1,B,C)。

中污染区(3区),星豹蛛肠粘膜上皮细胞发生粘连,“胃区”界线不明显,“胃小凹”消失,大多数细胞体积变大,可见细胞游离、自溶或萎缩,但微绒毛尚清晰,细胞间充满纵横交错的纤状物质,上皮细胞出现肿大和局部溃疡等现象(图1,D~H)。

3 结论

3.1 土壤动物是土壤污染的敏感指示生物,根据有机磷农药污染区土壤动物群落结构(种类和数量)的变化来评价农药污染的局部影响是可行的。污染区定位调查结果表明,由对照区至重污染区土壤动物种类和数量呈明显递减变化,多样性指数 H' 值亦呈递减趋势。

3.2 农药污染区土壤动物群落的优势类群蜱螨类、弹尾类和线虫类,3类群占土壤动物全捕量的80.9%,对群落特征起决定作用。在这些广适性类群中,多数种类对农药污染不敏感。而占类群种数61.76%的常见类群和稀有类群,其中多数种类则对农药污染反应敏感,是农药污染区的主要指示生物。

3.3 农药对土壤动物呼吸强度有明显抑制作用,染毒实验表明,土壤动物呼吸强度的变化,随农药处理浓度的增加和历时的延长而降低。

3.4 生态毒理研究表明,采自重污染区和中污染区的星豹蛛,通过扫描电镜观察发现,肠道粘膜细胞出现弥漫性溃疡、肿大和穿孔等病理变化。

参 考 文 献

- 1 Jeffrey A M. Pollution and the worldwide loss of biodiversity. *Biodiversity and Conservation*. 1992, 1(1): 1~18
- 2 Bruce A. Valuing environmental function in developing countries. *Biodiversity and Conservation*. 1992, 1(1): 34~50
- 3 Stroo H F. Biotechnology and hazardous waste treatment. *Journal Environment Quality*. 1992, 21: 167~175
- 4 Eysackers H. Soil fauna and soil microflora as possible indicator of soil pollution. *Environmental Monitoring and Assessment*. 1983, 3(4): 307~315
- 5 Dunger W. Long term studies on soil fauna at wood sites with increasing industrial pollution. *Reevaluation of Soil Biology*. 1992, 28(1): 31~40
- 6 Bruggel G. Effect of pesticides on metabolism and population development of a terrestrial enchytraeid species. Digest of XI International Colloquium on Soil Zoology. Jyväskylä, Finland, 1992
- 7 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
- 8 Lee K E. Some trends and opportunities in earthworm research. *Soil Biology and Biochemistry*. 1992, 24(12): 1765~1772
- 9 张志杰等. 湘江流域工业污染的生物学监测评价. 北京:中国环境科学出版社, 1991
- 10 王振中等. 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): 154~164
- 11 陈国定等. 应用甲螨监测土壤污染的研究. 中国环境科学. 1991, 11(2): 100~103
- 12 尹文英等. 中国亚热带土壤动物. 北京:科学出版社, 1992
- 13 青木淳一. 土壤动物学. 东京:北隆馆, 1973
- 14 Wang Z. Influence of industrial pollution source on soil animal community structure. *International Journal of Environmental Research*. 1992, 1(2): 89~98
- 15 由文辉. 中国土壤动物学研究概况与展望. 土壤学进展, 1994, 22(4): 11~17
- 16 Ulrik R. Influence of population densities on growth and reproduction of the earthworm *Eisenia Andrei* on pig manure.

- Soil Biology and Biochemistry*, 1992, **24**(12): 1327~1331
- 17 Debruin A. *Biochemical toxicology of environmental agent*. New York, 1976
- 18 Senapati B K. Ecotoxicological effect of malathion on earthworms. *Soil Biology and Biochemistry*, 1992, **24**(12): 1719~1722
- 19 Hanmi J, *et al.*. Bioaccumulation of organochlorine compounds in earthworms. *Soil Biology and Biochemistry*, 1992, **24**(12): 1699~1703
- 20 Stenersen J *et al.*. Earthworms for toxicity testing. *Soil Biology and Biochemistry*, 1992, **24**(12): 1761~1764
- 21 威尔士 U. 比较动物细胞和组织学. 北京: 科学出版社, 1979
- 22 北京农业大学主编. 植物生理实验手册. 北京: 科学出版社, 1984
- 23 郭永灿等. 土壤中重金属污染对白颈环毛蚓胃肠道粘膜损伤的扫描电镜观察. 电子显微学报, 1994, **13**(2): 84~89
- 24 Fischer E. Environmental aspects of the chloragogenous tissue of earthworms. *Soil Biology and Biochemistry*, 1992, **24**(12): 1723~1727

=====

欢迎订阅《环境导报》(双月刊)

《环境导报》为综合指导类科技期刊, 逢双月 20 日出版. 报刊代号: 28-124, 全年定价: 12.00 元。

主旨: 环境与发展 方针: 发挥指导、引导、疏导作用

特色: 内容新颖, 时代感强; 文章精短, 回味无穷; 加工讲究, 开卷舒畅。

探讨环境建设重大、热点问题/研究环境执法理论与实践/推广清洁生产、污染治理实用技术/介绍乡镇环境建设典型与经验/报道环保产业发展势态与产品

栏目: 专论、综述、法制论坛、环境科技、工作研究、产业长廊、乡镇园地、世界环境、港台之窗、知识天地、动态信息、服务台等。

本刊编辑部地址: 南京市梅园新村 44 号, 邮政编码: 210018, 电话: (025) 4410214。

《城市环境与城市生态》1997 年征订启事

《城市环境与城市生态》是由天津市环境科学学会、中国生态学会城市生态专业委员会、天津市环境保护科学研究所及天津市环境保护科技信息中心联合主办的国内外公开发行的学术性刊物。本刊宗旨是以城市为对象, 开展我国城市环境与城市生态领域的学术讨论, 报道国内外环境科学和城市生态学最新研究成果及其有关科技动态, 以达促进城市建设、经济发展与环境建设协调发展的目的, 为保护和改善城市环境服务。本刊主要栏目有: 环境工程与生态工程、城市生态系统、环境规划、生态规划、环境标准、环境管理、环境污染综合整治、城市资源开发与利用以及学苑信息、环境科技简讯和新书评介等。本刊读者对象主要是从事环境科学、生态学的科研和技术人员, 从事环境管理的工作者以及有关高等院校师生等。

《城市环境与城市生态》为季刊, 16 开本, 64 页, 每季末月 3 日出版。本刊 1997 年征订工作即将开始, 欢迎广大读者踊跃订阅。

全国各地邮局均可办理本刊订阅手续, 邮发代号 18-111, 国内刊号 CN12-1128, 国际标准刊号 ISSN 1002-1264。1997 年每期定价 2.50 元, 全年订费 10.00 元。如读者在当地邮局逾期漏订, 也可向编辑部索取订单, 通过邮局直接汇款至本刊编辑部补订。

编辑部地址: 天津市南开区复康路 17 号

邮政编码: 300191 电话: 2393352