

单甲脒农药对模型池塘生态系统群落结构的影响

黄玉瑶 高玉荣 曹宏 任淑智

(中国科学院动物研究所, 北京, 100080)

Q178.11

A

摘要 在 $3\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m}$ ($V=3\text{ m}^3$) 含有底泥的模型池塘生态系统中研究单甲脒农药对水生生物群落结构的影响。规定实验浓度为 0、1.5、3.0、6.0 和 12.0 mg/L, 每 15 d 加入 1 次 25% 单甲脒农药水剂, 连续加入 4 次, 实验进行 2 个多月。在实验浓度范围内, 单甲脒农药对水生生物群落产生不同程度的影响。浮游生物比较敏感: 加药后头几天内, 种类、数量及多样性指数下降, 浓度越大, 影响越明显; 大约 1 周以后, 各处理组浮游生物群落逐步得到恢复, 实验后期其数量甚至可超过对照水平, 但群落结构发生改变, 敏感种类减少或消失, 耐污种类增加, 生物多样性降低。底栖生物比较耐污, 处理槽大型水生植物的叶绿素含量有所减少, 但其种类和生物量未见明显差异; 底栖动物种类、数量也未见明显变化。微生物最耐污, 在处理槽水层及沉积物中好氧异养菌数量有所增加, 沉积物中厌氧菌数量也有增加的趋势。青鳉鱼对单甲脒农药较敏感, 在 1.5 mg/L 以下浓度尚能正常存活和繁殖。单甲脒农药水剂明显增加水体氨、磷含量, 尤其磷酸盐含量高, 使水体氮、磷比例失调, 可能导致水体富营养化。根据综合指标分析, 在规定单甲脒盐酸盐浓度 $<1.5\text{ mg/L}$ 的实验条件下, 水生生物群落结构未见明显改变。

水生生物生态学

关键词: 单甲脒农药, 群落结构, 中宇宙, 生态效应。

模型池塘

EFFECTS OF N'-(2,4-DIMETHYLPHENYL)-N-METHYLFORMAMIDINE HYDROCHLORIDE ON COMMUNITY STRUCTURE IN POND MESOCOSMS

Huang Yuyao Gao Yurong Cao Hong Ren Shuzhi

(Institute of Zoology, The Chinese Academy of Sciences, Beijing, China, 100080)

Abstract Effect of Monoformamidine insecticide, N'-(2,4-dimethylphenyl)-N-methylformamidine hydrochloride (DMAH), on the aquatic community structure were experimentally investigated through glass fibre tanks with a dimension of $3\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m}$ ($V=3\text{ m}^3$) under outdoor conditions in Beijing, 1993. The nominal concentration of 0, 1.5, 3.0, 6.0 and 12.0 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ were dosed to test tanks, respectively, once two weeks. The experiment ran for 2 months. The results indicate that the DMAH was toxic to aquatic community. Plankton community was most sensitive to DMAH. The species, density and diversity index of algae were reduced in first several days of the exposures in all the treatment tanks. About one week later,

• 国家自然科学基金资助项目。杨惠芳研究员提供微生物资料, 陈严梅同志参加部分实验工作, 特此致谢。

收稿日期: 1994 10 14, 修改稿收到日期: 1995 08 25。

it could recover gradually and the number developed even more than that of control. The composition of algae in the community was changed because sensitive species disappeared. Benthic community was not sensitive to DMAH. The species, density and diversity index or biomass were not significantly responsive to DMAH. Microorganisms were the most tolerating to DMAH pollution. Heterotrophic aerobes in water column and sediment as well as anaerobes in sediment appeared to increase in the treatment tanks, particularly in the high-level tanks. The medaka (*Oryzias latipes*) could survive and reproduce normally under $1.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ of DMAH tank. The important influence factors of high levels of nitrogen and phosphorus were also discussed. Data based on community structure, fish monitoring and nutrients changing show that $<1.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ of DMAH might not seriously impact on aquatic ecosystem health under experimental conditions.

Key words: $\text{N}'-(2,4\text{-dimethylphenyl})\text{-N-methylformamidinium hydrochloride}$, community structure, mesocosm, ecological effect.

模型生态系统成分比较复杂,包括有生产者、消费者和分解者生物,比较接近自然实际,因此近年来广泛应用以评价、研究化学污染物质的环境行为及整体生态效应^[1-5]。

农药等化学物质在生产、运输、使用过程中常常最终经各种途径进入水体,造成对水域环境的污染,影响水域生态系统正常功能的发挥,严重时威胁人体健康。

单甲脒农药是近几年来我国科学工作者合成的一种新农药,主要用于控制螨类等农业害虫,药效较好。单甲脒是杀螨杀虫剂双甲脒的活性代谢产物,化学名称为 $\text{N}'-(2,4\text{-二甲苯基})\text{-N-甲基甲脒}$,其生物活性近似于双甲脒,杀螨效果等于甚至高于双甲脒^[6]。目前国内已大量生产和使用。但是单甲脒对环境的影响报道较少。王淑洁等报道了单甲脒及其代谢产物的诱变性^[6]和对大白鼠的毒性^[7]。作者等初步报道了高浓度单甲脒盐酸盐对模型水生生态系统结构、功能的影响^[8]。但低浓度单甲脒农药对水生生态系统的影响情况尚不清楚。本文报道低浓度单甲脒盐酸盐对水生生物群落结构的影响,为进一步探讨最大允许浓度提供参考。

1 材料与方法

模型池塘由 $3 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 的玻璃钢水槽制成,底部铺垫 10 cm 河泥。灌注自来水,加入适量营养盐在室外自然光下培育。2 个月后,各槽水生生物生长繁茂,各槽间生物群落结构及代谢功能相近^[9]。

培育 2 个月后,1993 年 7 月底选择 5 个生物群落结构、功能最近似的水槽进行单甲脒农药生态效应实验,各槽加入不同浓度的单甲脒农药水剂,规定单甲脒盐酸盐浓度 0, 1.5, 3.0, 6.0 及 12.0 mg/L 。每隔 15 d 投药 1 次,连续投药 4 次。加药时用 NaOH 浓液调节 pH 值使与对照槽相近,单甲脒农药购自武汉慈惠化工厂生产的单甲脒水剂(含单甲脒 25%)。液相色谱测定结果表明,实测浓度与规定浓度接近。本文以规定浓度进行讨论。

加药后定期采集水层中的微生物、浮游藻类、浮游动物。实验结束时收割水草及采集底泥中的底栖生物及微生物。具体工作方法请见参考文献[9,10]。

2 结果与讨论

2.1 大型水生植物

各实验水槽大型水生植物生长茂盛,优势种为轮叶黑藻(*Hydrilla verticillata*)和篦齿眼子菜(*Potamogeton pectinatus*),此外还间杂一些茨藻(*Najas major*)、草茨藻(*N. graminea*)、苦草(*Vallisneria spiralis*)以及钝节拟丽藻(*Nitellopsis obtusa*)、布氏轮藻(*Chara braunii*)等。加入单甲脒农药后,水生植物受到不同程度的影响。在 50 和 25 mg/L 的条件下,水生植物受到严重损伤,一周内逐步下沉水底^[9]。本次实验在 12 mg/L 水槽中见到轮叶黑藻部分叶片脱落,植株略有下沉现象,但不显著。叶绿素含量较低(表 1),6.0 mg/L 以下各浓度组,水生植物损伤情况表现不明显。最后收割时,种类、生物量均无明显差异(表 2)。

表 1 各实验槽中轮叶黑藻的
叶绿素含量(1993 09 20)

Table 1 Chlorophyll content of
H. verticillata in test tank (mg/g)

叶绿素种类 Chlorophyll	单甲脒浓度 DMAH (mg/L)				
	0	1.5	3.0	6.0	12.0
Chl a	0.8917	0.6360	0.8280	0.7425	0.3560
Chl b	0.3073	0.3102	0.2977	0.3910	0.1290
Chl c	0.1829	0.2590	0.2664	0.2157	0.1233
Chlorophyll	1.3819	1.2052	1.3921	1.3492	0.6089

表 2 各实验槽大型水生植物的种类及生物量

Table 2 Species and biomass of
macrophytes in test tanks

项 目 Items	单甲脒浓度 DMAH (mg/L)				
	0	1.5	3.0	6.0	12.0
种类数 Species	7	7	7	5	5
生物量 Biomass (kg/m ² · WW)	1.4	1.7	1.2	1.2	2.2
(kg/m ² · DW)	0.11	0.16	0.14	0.10	0.21

2.2 浮游植物

浮游植物对单甲脒农药反应比较敏感。藻类种类、密度及种类组成均随单甲脒农药浓度的不同而有明显的变化。50 mg/L 浓度下,2 d 内藻类全部死亡^[9]。本次实验在较低浓度条件下,藻类种类、密度、多样性指数及种类组成也有明显的变化;种类随浓度增加而减少,停药后恢复得较慢;密度开始时受到抑制,几天以后逐步恢复,最后甚至超过对照槽;多样性指数亦随浓度增加而下降,和种类一样恢复较慢(表 3、表 4);种类组成改变,绿藻比例随单甲脒浓度增加逐步增加,硅藻、蓝藻、裸藻比例呈下降趋势,其它隐藻、金藻、黄藻和甲藻等基本消失(表 5)。

2.3 浮游动物

作者报道过含 25.50 mg/L 单甲脒农药水槽中 2 周内浮游甲壳动物大部或全部死亡^[8]。本次实验中,定期采集检查浮游甲壳动物,共发现 11 种。其中长肢秀体溞(*Diaphanosoma*

表 3 第 1 次加药后 2 周内藻类种类、
密度与多样性指数的变化

Table 3 Changes of algae species, density and diversity
index in test tanks during first 2 weeks exposure

项 目 Items	处理天数 Exposure days	单甲脒浓度 DMAH (mg/L)				
		0	1.5	3.0	6.0	12.0
种类数 (属) Species (genus)	0	38	41	39	42	38
	1	38	11	9	5	4
	3	39	10	8	5	3
	5	42	15	10	9	6
	10	43	17	13	11	9
	14	46	19	14	12	10
密度 (10 ⁴ cell/L)	0	45.0	29.2	51.2	41.1	50.6
	1	105.4	25.0	—	11.0	1.2
	3	124.5	25.3	63.1	14.0	0.2
	5	110.8	53.6	430.7	35.1	4.5
	10	156.7	89.9	1121.0	65.5	102.5
	14	163.2	131.0	1084.1	131.6	135.2
多样性 指数 Diversity index(d)	0	2.48	3.18	2.89	3.17	2.82
	1	2.67	0.80	0.49	0.34	0.32
	3	2.71	0.72	0.52	0.34	0.26
	5	2.95	1.06	0.59	0.63	0.47
	10	2.94	1.17	0.74	0.75	0.58
	14	3.15	1.28	0.80	0.78	0.64

leuchtenbergianum)、老年低额溞(*Simocephalus vetulus*)、卵形盘肠溞(*Chydorus sphaericus*)和等刺温剑水蚤(*Thermocyclops kawamurai*)分布较广,数量较多。加入单甲脒农药后,1.5和3.0 mg/L 槽中数量一直较高;6.0 mg/L 槽数量与对照槽相当;12.0 mg/L 槽头几天浮游甲壳动物数量受到一定程度的抑制,以后逐步恢复,2 周后其数量与对照槽相近,甚至超过对照槽(表 6)。

表 4 不同单甲脒浓度中藻类种类、密度、多样性指数的平均值*

Table 4 Means of species, density, diversity index of algae in test tanks containing different level of DMAH

项 目 Items	单甲脒浓度 DMAH (mg/L)				
	0	1.5	3.0	6.0	12.0
种类 Species (genus)	39.8±6.1	20.0±0.8	15.0±0.8	13.3±1.3	11.0±0.8
密度 Density (10 ⁴ cell/L)	1045.4±1319.6	1443.6±1844.6	1058.9±684.7	359.3±365.2	4057.2±3440.1
多样性指数 Diversity index (d)	2.53±0.59	1.22±0.10	0.90±0.14	0.82±0.04	0.60±0.03

* 表中数据为实验第 15、30、45 和 60 d 所得样品的平均值。

Data in table 4 were averaged from samples collected at 15, 30, 45 and 60th days of treatment. Diversity index(d) were calculated by Margalef's equation.

表 5 不同浓度组藻类的数量组成(%)*

Table 5 Algae species composition in test tanks containing different level of DMAH

门 类 Texa	单甲脒浓度 DMAH (mg/L)				
	0	1.5	3.0	6.0	12.0
绿藻 Chlorophyta (%)	90.56±10.31	93.39±8.73	96.56±0.26	95.46±0.63	98.89±0.84
硅藻 Bacillariophyta (%)	2.44±0.85	5.80±8.27	2.18±2.50	3.15±1.51	0.50±0.36
蓝藻 Cyanophyta (%)	1.38±1.58	0.65±0.47	0.98±1.06	1.34±1.01	0.58±0.50
裸藻 Euglenophyta (%)	0.07±0.09	0.12±0.11	0.27±0.40	0.05±0.08	0.03±0.05
隐藻 Cryptophyta (%)	4.66±7.34	0	0	0	0
金藻 Chrysophyta (%)	0.70±0.47	0	0	0	0
黄藻 Xanthophyta (%)	0.08±0.13	0	0	0	0
甲藻 Pyrrophyta (%)	0.09±0.12	0.14±0.20	0	0	0

* 表中数据为实验第 30、45 和 60 d 所得资料的平均值。

Data in table 5 were averaged from samples collected at 30, 45 and 60th days of treatment.

表 6 各实验水槽浮游甲壳动物成体数量变化(个/10L)

Table 6 Density changes of adult Crustacea
in test tanks (ind/10 L)

处理天数 Days of treatment	单甲脒浓度 DMAH (mg/L)				
	0	1.5	3.0	6.0	12.0
0	110	15	145	165	35
7	565	385	370	780	70
15	670	780	1180	965	615
21	365	1150	1465	910	493
30	590	1590	1455	815	580
44	1220	1375	1750	725	2695
53	750	3263	3001	201	743
66	1455	8987	2600	6705	5210

各槽浮游甲壳动物的种类数、个体数分布比较均匀,香农-威纳种类多样性指数(H')比较接近,分别为 1.50(对照)、1.41(1.5 mg/L)、1.45(3.0 mg/L)、1.36(6.0 mg/L)及 0.46(12.0 mg/L)。除 12.0 mg/L 槽的 H' 值显著偏低外($P < 0.001$),其余各槽之间均无显著性差异。

但不同种类甲壳动物数量分布有明显差异。其中方形网纹溞(*Ceriodaphnia quadrangula*)、大洋洲壳腺溞(*Latonopsis australis*)、长肢秀体溞(*D. leuchtenber-*

gianum)多分布于对照和单甲脒浓度较低的水槽中,另外,右突新镖水蚤(*Neodiptomus schmuckeri*)数量不多,全部分布在对照槽中。而老年低额蚤(*S. vetulus*)和圆形盘肠蚤(*C. sphaericus*)主要分布在 1.5—6.0 mg/L 槽中,对照槽及 12.0 mg/L 槽较少;等刺湿剑水蚤(*T. karwamurai*)各槽均有分布,6.0 和 12.0 mg/L 槽中数量似乎更多些(表 7)。从这些分布资料来看,方形网纹蚤、大洋洲壳腺蚤及长肢秀体蚤对单甲脒农药可能更敏感些。

表 7 实验槽中几种主要浮游甲壳动物的数量分布

Table 7 Number distribution of some major Crustacea in test tanks (ind/10 L)

加药天数 Days of treatment	单甲脒浓度 DMAH (mg/L)					加药天数 Days of treatment	单甲脒浓度 DMAH (mg/L)				
	0	1.5	3.0	6.0	12.0		0	1.5	3.0	6.0	12.0
方形网纹蚤(<i>C. quadrangula</i>)						大洋洲壳腺蚤(<i>L. australis</i>)					
0	40	0	5	0	0	0	0	0	0	0	15
7	115	0	35	0	0	7	10	230	0	0	0
15	35	0	0	0	0	15	100	300	20	0	0
21	10	0	0	35	0	21	30	90	0	0	0
30	0	0	0	0	0	30	35	25	0	0	0
长肢秀体蚤(<i>D. leuchtnerbergianum</i>)						老年低额蚤(<i>S. vetulus</i>)					
0	0	5	45	30	0	0	0	0	5	103	0
7	285	105	220	140	0	7	0	0	10	485	0
15	450	150	315	80	0	15	0	10	510	485	0
21	150	60	235	0	0	21	0	5	265	535	0
30	305	185	55	0	0	30	0	0	50	250	5
圆形盘肠蚤(<i>C. sphaericus</i>)						等刺湿剑水蚤(<i>T. karwamurai</i>)					
0	35	10	60	0	40	0	30	0	30	30	0
7	70	40	90	15	20	7	85	10	15	140	50
15	75	205	285	105	35	15	45	115	50	295	580
21	150	610	955	135	3	21	25	380	10	205	490
30	125	865	1330	110	45	30	125	515	20	455	525

2.4 底栖动物

10 月底实验结束排水后采集底栖动物定量标本。它们有环节动物、软体动物、昆虫幼虫、线虫等 10 余种。其中凸旋螺(*Gyraulus convexiusculus*)、二翅蜉(*Cloeon* sp.)、细长摇蚊(*Tendipes attenuatus*)和毛突摇蚊(*Psectrocladius sordidellus*)4 种数量较多,分布较广,特别是毛突摇蚊幼虫数量最多,在各槽中占底栖动物数量的绝对优势(表 8)。

急性毒性研究结果表明:软体动物、摇蚊幼虫对单甲脒耐性强(未发表资料)。本实验结果可见,在 12.0 mg/L 浓度以下单甲脒对底栖动物影响不大,反而有促进某些耐污种类数量发展的趋势。

2.5 鱼类监测

表 8 底栖动物种类、数量及多样性指数(1993 11 01)

Table 8 Species, density, diversity of benthos in test tanks

种类名称 Species	单甲脒浓度 DMAH (mg/L)				
	0	1.5	3.0	6.0	12.0
凸旋螺 <i>Gyraulus convexiusculus</i>	0	15	45	1005	30
二翅蜉 <i>Cloeon</i> sp.	0	0	75	0	120
细长摇蚊 <i>Tendipes attenuatus</i>	0	225	630	2430	45
毛突摇蚊 <i>Psectrocladius sordidellus</i>	810	5790	10245	1635	1335
其它 Others	45	105	75	30	270
个体总数(个/m ²) Total number	885	6135	11070	5100	1800
种类数 Species	2	6	6	4	7
多样性指数(H) Diversity Index	0.29	0.39	0.39	1.54	1.34

在 1.5 和 3.0 mg/L 槽中分别挂放 1 个 30 cm×30 cm×40 cm 的尼龙网箱,各放 10 尾(5♂:5♀)成年青鳉鱼(*Oryzias latipes*),总鲜重分别为 2.8 g 和 2.5 g。投药前 10 d 放养,每天投喂少量人工合成饵料,试鱼生长、繁殖正常。投药 36 d 后(间隔 15 d 投药 1 次,计投药 3 次),3.0 mg/L 槽成鱼及其繁殖的幼鱼先后陆续死完,1.5 mg/L 槽青鳉鱼除个别因加药时未能立即混合均匀局部浓度偏高导致死亡外,大部分试鱼正常存活,距第一次投药 93 d 即实验结束时网箱中尚有 5 尾亲鱼(部分亲鱼因网箱一角脱落入水而逃逸出去),网箱外水槽中还捕到 20 尾青鳉鱼,可能尚有部分遗失。因此可以认为,1.5 mg/L 以下单甲脒农药对鱼类基本上是安全的。这与急性毒性实验确定的安全浓度 1.2—1.3 mg/L 的结果是一致的*。

2.6 微生物

1992 年实验结果表明,在 25、50 mg/L 单甲脒农药处理后,由于群落结构破坏,水层中好氧异养菌数量明显增加^[8]。本次实验浓度较低,但在实验后期,亦可见到好氧异养菌数量随单甲脒浓度增加而有上升趋势。真菌及消化菌均未检出(表 9)。底泥中各种微生物数量较多,处理槽中好氧异养菌及厌氧菌数量较高,其余菌类各槽之间的差异不明显(表 10)。

表 9 实验槽中微生物的密度

Table 9 Microorganism density in water column of test tanks

类 别 Texa	单甲脒浓度 DMAH (mg/L)				
	0	1.5	3.0	6.0	12.0
好氧异养菌 Heterotrophic aerobe (cell/mL)	2.5 × 10 ⁴	1.1 × 10 ⁴	1.1 × 10 ⁴	1.5 × 10 ⁴	4.5 × 10 ⁴
真菌 Fungi (cell/mL)	0	0	0	0	0
硝化菌 (cell/mL) Nitrobacteria	0	0	0	0	0

表 10 模拟水槽沉积物中微生物的密度

Table 10 Microorganism density in sediments of test tanks at the end of experiment

类 别 Texa	单甲脒浓度 DMAH (mg/L)				
	0	1.5	3.0	6.0	12.0
异养菌 Heterotrophic bacteria (cell/g)	7.2×10 ⁶	7.7×10 ⁶	2.3×10 ⁶	7.6×10 ⁶	1.8×10 ⁷
厌氧菌 Anaerobe (cell/g)	7.2×10 ⁴	7.7×10 ⁵	7.4×10 ⁵	1.8×10 ⁵	1.8×10 ⁶
硝酸盐菌 Nitrate bacteria (cell/g)	1.5×10 ³	7.7×10 ³	7.4×10 ⁴	4.2×10 ⁴	4.2×10 ⁴
硝酸盐还原菌 Nitrate reduction bacteria (cell/g)	2.8×10 ⁵	7.7×10 ⁶	1.8×10 ⁶	1.8×10 ⁶	1.8×10 ⁶
硫酸还原菌 Sulfate reduction bacteria (cell/g)	7.5×10 ⁴	4.3×10 ⁴	1.6×10 ⁵	7.5×10 ⁴	1.6×10 ⁵

2.7 营养盐类

武汉慈惠化工厂生产的 25% 单甲脒水剂中含有高浓度盐酸、磷酸盐和氮,加入水槽后,降低水的 pH 值,增加氯离子和氮、磷含量,农药浓度越高,这些物质含量越多,7 月底至 9 月底 2 个月间 22 次测定氮、磷平均资料列于表 12。从中可见磷酸盐含量增加最显著,从而导致水体氮磷比例失调。多次加入,不断积累,除单甲脒的毒性以外,丰富的磷酸盐可促进水体中某些耐污藻类、微生物、浮游动物及底栖动物发展,引起群落结构的改变。分

* 朱江,单甲脒对青鳉鱼(*Oryzias latipes*)的急性毒性及影响因素的研究(待发表)。

析资料表明,1.5 mg/L 槽中,停药 1 个月后,水中磷含量可逐步恢复至对照组水平,其余各模拟槽水中磷含量不仅仍高于对照水平,而且有逐步上升趋势,特别是 12.0 mg/L 槽磷酸盐含量明显不断上扬,估计与沉积物中的磷释放有关^[11]。与磷相比,氮含量相对较低,停药后 2 周左右其含量可降至较低水平。

表 11 实验槽中氮、磷的平均含量*

Table 11 Average contents of nitrogen and phosphorus in test tanks

营养盐 Nutrients	单甲脒浓度 DMAH (mg/L)				
	0	1.5	3.0	6.0	12.0
总氮 TN(mg/L)	0.175±0.058	0.343±0.087	0.476±0.063	0.742±0.145	0.621±0.206
硝酸盐 NO ₃ -N(mg/L)	0.054±0.016	0.052±0.024	0.040±0.013	0.046±0.019	0.063±0.019
总磷 TP(mg/L)	0.019±0.007	0.175±0.097	0.376±0.223	0.614±0.273	1.075±0.478
磷酸盐 PO ₄ -P(mg/L)	0.009±0.005	0.142±0.081	0.328±0.206	0.569±0.262	1.011±0.480
TN/TP	9.21	1.96	1.27	1.21	0.58

* 表中数据为 2 个月实验期间 22 次测定结果的平均值。

Data in table 11 were averaged from 22 analyses during two months experiment.

3 结束语

在规定 1.5—12.0 mg/L 的实验浓度范围内,单甲脒农药对水生生物群落产生不同程度的影响。浮游生物比较敏感;加入单甲脒农药后,藻类种类、密度、多样性指数明显下降,浓度愈大下降愈明显;投药约 1 周以后,藻类密度逐步恢复,随时间延长,其密度可能达到或超过对照组的水平;但种类组成发生改变,绿藻类比例增加,硅藻类比例减少,其它金藻、黄藻、隐藻、甲藻等几乎全部消失;种类减少,多样性指数降低。浮游甲壳类也有类似变化。开始加药后头几天,浓度较高的 12.0 mg/L 槽浮游甲壳动物数量减少,以后各处理槽中其数量逐步增加,最后超过对照槽。右突新镖水蚤(*N. schmackeri*)、方形网纹溞(*C. quadrangula*)、大洋洲壳腺溞(*L. australis*)及长肢秀体溞(*D. leuchtenbergianum*)比较敏感,主要分布在对照和低浓度槽中;老年低额溞(*S. vetulus*)分布在中等浓度(1.5—6.0 mg/L)槽中;圆形盘肠溞(*C. sphaericus*)和等刺温剑水蚤(*T. kawamurai*)比较耐污,各实验槽均有分布。

底栖生物比较耐污:大型水生植物和底栖动物种类、数量、多样性指数或生物量均未见明显变化。

微生物最耐污:水层中好氧异养菌数量随农药增加而有所增加;沉积物中好氧异养菌及厌氧菌也有所增加;其它各类微生物数量变化不大。

青鳉鱼对单甲脒农药也较敏感。在 3.0 mg/L 单甲脒槽中全部死亡,在 1.5 mg/L 以下水槽中能正常存活、生长和繁殖。

单甲脒水剂中含有较丰富的氮,特别是磷酸盐含量较高,进入水体后明显增加水体氮,尤其是磷含量,使氮磷比例失调,可导致水体富营养化。其中 1.5 mg/L 槽停药 1 个月水中磷酸盐含量可恢复至对照槽水平。

从整个群落结构变化情况分析,在规定浓度 1.5 mg/L 以下间隔 15 d 施药 1 次,单甲脒农药对水生生物群落结构未产生明显的不良影响。

参 考 文 献

- 1 Giesy J P ed Microcosms in Ecological Research. US Dept. of Energy symposium No. 52 Spring field. VA. , National Technical Information Center 1980: 1110
- 2 Odum E P. The mesocosm. *Bio Science*. 1984, **34**(9): 558—562
- 3 Cairns Jr. J. ed Multispecies Toxicity Testing. Pergamon Press Inc. New York, 1985
- 4 Lozano. *et al.* Effects of esfenvalerate on aquatic organisms in littoral enclosures. *Environ. Toxicol. Chem.*, 1992, **11**(1): 35—47
- 5 Webber E C *et al.* Ecosystem-level testing of a synthetic pyrethroid insecticide in aquatic mesocosms. *Environ. Toxicol. Chem.*, 1992, **11**(1): 87—105
- 6 王淑洁, 耿太保, 罗玉妹等. 单甲脒及其代谢产物 4-氨基-3-甲基苯酸的诱变性研究. 卫生研究, 1992, **21**(1): 4—6
- 7 王淑洁, 罗玉妹, 耿太保等. 单甲脒的毒性和早期诊断指标的探讨. 卫生研究, 1992, **21**(1): 6—9
- 8 黄玉瑞, 高玉荣, 曹宏等. 单甲脒对池塘生态系统影响的初步研究. 北京: 环境科学学报, 1995, **14**(4): 93—101
- 9 黄玉瑞, 高玉荣, 曹宏等. 应用草型塘模型生态系统研究化学品的整体生态效应. 生态学报, 1995, **15**(1): 39—47
- 10 章宗涉, 黄祥飞. 淡水浮游生物研究方法. 北京: 科学出版社, 1991
- 11 Boers P C B. The influence of pH on phosphorate release from lake sediments. *Water Res.*, 1991, **25**(3): 309—311

欢迎购阅《生态学报》1995 年增刊

为满足生态学发展学术交流的需要, 加快科研成果和信息的传播, 经上级批准, 本刊于 1995 年 8 月出版了第 15 卷增刊(专辑), 增刊的办刊宗旨, 编辑方针、开本等均与正刊相同。此期增刊专门报道中国科学院广东鹤山森林生态系统定位站的研究成果和进展, 为同行研究提供资料和参考。增刊含论文 30 篇, 236 页, 定价 20.00 元。欢迎广大读者购阅。此外, 第 14 卷增刊尚有余份, 定价 10.00 元。

欲购者可直接汇款到《生态学报》编辑部, 附言上写明所需刊期及册数, 本部收款后即寄书及收据。

地址: 北京海淀双清路 15 号

邮政编码: 100085