

# 锐劲特对原生动物群落的急性毒性试验<sup>\*</sup>

徐海娟<sup>1</sup> 赵联朝<sup>2</sup> 刘国光<sup>1\*\*</sup> 王莉霞<sup>1</sup> 郑立庆<sup>1</sup>

(1 河南师范大学化学与环境科学学院, 河南省高等学校环境科学与工程重点学科开放实验室, 新乡, 453002;

2 洛阳大学环境与化学工程系, 洛阳, 471023)

**摘 要** 以 PFU 法采集的淡水原生动物群落为试验对象, 对锐劲特的急性毒性进行研究. 结果表明, 锐劲特对原生动物群落的 48h LC<sub>50</sub> 为 35.83mg·l<sup>-1</sup>; 原生动物群落结构参数和功能参数随加入锐劲特的量而变化; 在种类组成上, 虽然鞭毛虫、纤毛虫、肉足虫的种类均随着毒物浓度的增大而下降, 但是其减少的程度各不相同, 纤毛虫所受损伤最大; 在试验浓度范围内, 功能类群发生显著变化, 光合作用自养者和食藻者原生动物的物种逐渐消失, 而一些食菌、碎屑类原生动物具有较高的耐受性, 随着锐劲特浓度的增加, 其在群落中的优势度更加明显.

**关键词** 原生动物群落, 毒性, 锐劲特.

锐劲特 (Fipronil) 是法国罗纳普朗克农化公司于 1987 年开发研制的新型杀虫剂, 化学名称为 5-氨基-3-氰基-1-(2,6-二氯-4-三氟甲基苯基)-4-三氟甲基亚磺酰基吡唑, 在水稻、蔬菜、果树等的害虫防治方面得到了广泛的应用, 但其对水生生物的毒性较大.

PFU (Polyurethane Foam Unit) 法是一种用聚氨酯泡沫塑料块采集和研究水体微型生物的技术<sup>[1,2]</sup>. PFU 采集到的微型生物由细菌、真菌、藻类和原生动物以及小型的后生动物组成, 它们构成了有复杂食物网的微型生态系统.

本文就锐劲特对原生动物群落的急性毒性进行研究. 原生动物群落的毒性试验对水生生态系统有较高的模拟度, 其结果有较高的环境真实性.

## 1 试验部分

### 1.1 原生动物群落的采集

锐劲特 (5% 悬浮剂, 重量/容量) 用重蒸水稀释 100 倍, 配成 500mg·l<sup>-1</sup> 的母液.

将聚氨酯泡沫塑料 (孔径为 100—150μm) 均匀切为 50×65×75mm 的小块, 使用前在去离子水中浸泡 12h 至 24h, 然后挤去水分, 再将其浸泡于自然水体中, 试验水体的 pH 值为 8.23, 根据水体中原生动物群落的试验结果可知, 浸泡 14d 群落达到平衡, 此时原生动物种类最为丰富, 将其富集液挤至大烧杯中待用.

### 1.2 试验方法

2003 年 10 月 20 日收稿.

\* 河南省创新人才工程资助项目 (教育 [2002] 513). \*\* 通讯联系人.

根据预试验中得到的锐劲特对原生动物群落最小全致死和最大无死亡效应浓度范围, 向装有富集液的培养瓶中分别加入适量的锐劲特母液, 配成 0.00, 10.00, 20.00, 30.00, 40.00 和 50.00  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$  的锐劲特试验溶液, 每个浓度梯度设两个平行样, 放入光照培养箱中. 在  $25 \pm 1^\circ \text{C}$ , 光暗比为 12h: 12h, 光强大于 3000LX 的模拟自然条件下培养 48h, 然后在 Olympus BX51 型光学显微镜下镜检, 统计在显微镜下存活的原生动物种类数, 采用系统软件 Origin6.0 将不同浓度下存活的原生动物种类数的倒数和毒物浓度进行线性拟合, 求出锐劲特对原生动物群落的半数致死浓度.

## 2 结果与讨论

### 2.1 毒性效应

以浓度 ( $X$ ,  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) 对 48h 时存活的原生动物种类数的倒数 ( $Y$ ,  $\text{种}^{-1}$ ) 作图, 得到锐劲特对原生动物群落的毒性效应曲线. 毒物浓度与原生动物种类数的倒数之间基本上为线性关系, 随着锐劲特浓度的增大, 原生动物种类数减少. 采用最小二乘法对这一直线进行拟合得方程:  $Y = 0.0294 + 0.00082X$ ,  $r = 0.996$ ,  $P < 0.0001$ ; 由方程计算锐劲特的  $\text{LC}_{50}$ ,  $\text{LC}_{20}$ ,  $\text{LC}_{50}$  值分别为 1.10  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ , 7.70  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ , 35.83  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ .

单正军等的研究<sup>[3]</sup>指出, 锐劲特对罗氏沼虾、青虾、螃蟹的 96h  $\text{LC}_{50}$  分别为 0.001  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ , 0.0043  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ , 0.0086  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ , 显示较大毒性. 蔡俊鹏<sup>[2]</sup>等关于十二烷基磺酸钠对美洲四膜虫单种和种群水平的急性毒性试验得出, 单种和种群水平的 12h  $\text{LC}_{50}$  分别为 7.67  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$  和 17.21  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . 通过比较得出: 生物种类以种群形式出现, 可增强对外界不利条件的抵抗能力, 该结果与 Allee 氏规律<sup>[4]</sup>相符合. 本试验得出原生动物群落对锐劲特的 48h  $\text{LC}_{50}$  为 35.83  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ , 与四膜虫种群水平的急性毒性试验数据相比, 显示更大耐受性. 目前化学物质对水生生物群落的急性毒性尚无统一的评价标准, 参照国家环保局等根据农药对鱼、蚤、藻的毒性  $\text{LC}_{50}$  值的大小对其毒性等级划分的标准<sup>[5-7]</sup>, 锐劲特对原生动物群落属低毒.

### 2.2 敏感种类和耐受种类

由试验可以观察到, 随着锐劲特浓度的增大, 原生动物种类减少, 群落结构发生变化. 有一些敏感种类如点滴半眉虫 (*Hemiphrys punctata*)、球衣藻 (*Chlamydomonas globosa*) 和珍珠映毛虫 (*Cinetochilum margaritaceum*) 在锐劲特浓度为 10.00  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$  时就已完全消失; 而一些耐污种类, 如弯曲袋鞭藻 (*Peranema dflexum*)、卵形隐藻 (*Cryptomonas ovata*)、毛板壳虫 (*Colepshirtsus*)、差异瘦尾虫 (*Uroleptus dispar*)、溪马氏虫 (*Mayorella riparia*) 和银灰膜袋虫 (*Cyclidium glaucoma*) 在锐劲特浓度为 30.00  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$  时仍然存活, 并且它们的数量随锐劲特浓度的增大而增多. 在试验过程中, 随着进入试验体系的毒物浓度的增加, 整个受污群落的生物种类数减少而耐受种类的个体数量增多.

从试验结果可以看出, 不同种类的生物对同一种化学品的敏感性各不相同, 因此, 在选用单一物种为靶生物进行化学品的毒性试验时, 随所选择的靶生物的不同可能会得出不同的毒性试验结果, 有时甚至会得出相互矛盾的结果来<sup>[8, 9]</sup>, 这就是要发展群落级

毒性试验的原因.

2.3 群落结构的变化

在空白试验组共看到 35 种原生动物, 分别隶属三大类, 鞭毛虫 (包括植物性鞭毛虫和动物性鞭毛虫) 的优势度为 28.6%, 纤毛虫的优势度为 54.3%, 肉足虫的优势度为 17.1%. 加入锐劲特之后, 随着浓度的增大, 群落结构发生重大变化, 浓度愈大, 种类减少得愈多, 结构变得愈简单, 这与 Odum<sup>[10]</sup> 的假设“受到外界压迫的群落会减小群落的复杂性”相一致. 自养者 (植物性鞭毛虫) 占原生动物群落总种类数的百分比在评价水质中是最敏感的参数. 植物性鞭毛虫所占百分比愈高, 水质愈好<sup>[11]</sup>, 本试验中对照溶液中植物性鞭毛虫占 20.0%, 在 10.00mg·l<sup>-1</sup> 锐劲特溶液中, 植物性鞭毛虫所占比例下降为 16.6%, 当锐劲特浓度为 30.00mg·l<sup>-1</sup> 时, 植物性鞭毛虫所占比例下降为 15.1%, 可见浓度愈高, 植物性鞭毛虫减少愈多, 水质愈差. 在种类组成上, 虽然鞭毛虫、纤毛虫、肉足虫的种类均随着毒物浓度的增大而下降, 但是其减少的程度各不相同, 纤毛虫所受损伤最大 (如表 1).

表 1 各种原生动物种类数随锐劲特浓度的变化

Table 1 The changes of protozoa species according to fipronil concentrations

| 锐劲特浓度/mg·l <sup>-1</sup> | 0  | 10 | 20 | 30 | 40 |
|--------------------------|----|----|----|----|----|
| 鞭毛虫种类数                   | 10 | 7  | 7  | 6  | 6  |
| 纤毛虫种类数                   | 19 | 15 | 13 | 12 | 11 |
| 肉足虫种类数                   | 6  | 4  | 4  | 4  | 4  |

2.4 功能类群的变化

随着毒物浓度的增大, 其功能类群也发生变化. 根据 Pratt 等人<sup>[12]</sup> 的观点, 把原生动物分为 6 个功能类群: 食菌-碎屑者 (Bactivoresdetrivores, B)、光合作用自养者 (Photosynthetic autotrophs, P)、无选择性杂食者 (Nonselective omnivores, N)、食藻者 (Algivores, A)、食肉者 (Predators Raptors, R)、腐生者 (Saprotrophs, S). 从功能类群上来分<sup>[11]</sup>, 在受试群落中占优势的种群是 B 群原生动物, 约占 40.0%, 其次为光合作用的自养性科类 P 群约占 28.6%, R 群和 A 群均占 14.3%, N 群为 2.8%. 随毒物浓度的增大, N 群原生动物在半数致死浓度以下就迅速消失, 而 A 群和 P 群则分别相对减少 20% 和 30%. 耐受种则均为 B 群, 特别是溪马氏虫 (*Mayorella riparia*)、毛板壳虫 (*Coleps hirtus*) 在最大毒物浓度下仍健康存活, 且个体数量增多. 这可能是因为加入有机物导致细菌的大量滋生, 从而为食菌-碎屑者提供充分的食物来源.

3 结论

锐劲特对淡水原生动物群落的 48hrLC<sub>50</sub> 为 35.83mg·l<sup>-1</sup>, 表现为低毒, 原生动物群落随锐劲特浓度的增加, 植物性鞭毛虫明显减少, 水质渐差. 鞭毛虫、纤毛虫、肉足虫的种类均随毒物浓度的增大而下降, 但减少的程度各不相同, 纤毛虫所受损伤最大.

在试验浓度范围内, 功能类群也发生显著变化, P 组和 A 组的物种逐渐消失, 而食

菌-碎屑类具有较高的耐受性, 随着锐劲特浓度的增加, 其在群落中的优势度更加明显.

原生动物对不同毒物的敏感种和耐受种不同, 用不同种类的原生动物作为靶生物就会得出不同的毒性试验结果, 有时甚至会得出相互矛盾的结论.

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 刁红丽, 刘国光, 沈蕴芬等, 快速 PFU 微型生物群落毒性实验法对铜、铅、砷联合毒性的研究. 环境化学, 2003, **22** ( 1 ) : 80—84
- [ 2 ] 蔡俊鹏, 沈蕴芬, 顾曼如, 十二烷基磺酸钠 ( DBS ) 对原生动物的毒性效应. 生物学报, 1989, **13** ( 3 ) : 218—233
- [ 3 ] 单正军, 王连生, 蔡道基等, 新型杀虫剂锐劲特农药对甲壳类水生生物影响研究. 中国农业科学, 2002, **35** ( 8 ) : 949—952
- [ 4 ] APHA, AWWA, WPCF, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 15th ed. Washington D C, 1980, 530—532, 641—643
- [ 5 ] 国家环境保护局, 化学农药环境安全评价实验准则. 北京: 中国环境科学出版社, 1989, 1—25
- [ 6 ] 庄德辉, 李植生, 浮选药剂对蚤类的毒性研究. 水生生物学报, 1989, **13** ( 3 ) : 240—249
- [ 7 ] 汝少国, 李永祺, 敬永畅, 十种有机磷农药对扁藻的毒性. 环境科学学报, 1996, **16** ( 3 ) : 337—341
- [ 8 ] Modoni P, Esteem G, Gorbi G, Acute Toxicity of Cadmium, Copper, Mercury and Zinc to Ciliates from Activated Sludge Plants. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 1992, **49** 900—905
- [ 9 ] Ana Nicolau, Manuel Mota, Nelson Lima, Physiological Responses of *Tetrahymena pyriformis* to Copper, Zinc, Cycloheximide and Triton<sup>®</sup> 100. *FEMS Microbiology Ecology*, 1999, **30** 209—216
- [ 10 ] Odum E P, The Effects of Stress on the Trajectory of Ecological Succession. *Stress Effects on Natural Ecosystems*, 1981, 43—47
- [ 11 ] 沈蕴芬, 章宗涉, 龚循矩等, 微型生物监测新技术. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990, 164—176
- [ 12 ] Pratt J R, Carins J J, Functions Groups in the Protozoa roles in Differing Ecosystems. *Protazool*, 1985, **82** ( 3 ) : 415—423

## THE ACUTE TOXICITY EFFECTS OF FIPRONIL ON FRESHWATER PROTOZOA COMMUNITY

XU Hai-juan<sup>1</sup>   ZHAO Liang-chao<sup>2</sup>   LIU Guo-guang<sup>1</sup>   WANG Li-xia<sup>1</sup>   ZHENG Li-qing<sup>1</sup>

( 1 College of Chemistry and Environmental Science, The Key Laboratory of Environmental Science and Technology of High Education of Henan Province, Henan Normal University, Xinxiang, 453002;

2 Department of Environmental and Chemical Engineering, Luoyang University, Luoyang, 471023)

### ABSTRACT

The acute toxicity of fipronil on the protozoan community collected by PFU from fresh water as target organism was studied. Results showed that the 48hr LC<sub>50</sub> of fipronil to the protozoa community was 35.83mg·l<sup>-1</sup>. The structure parameter and function parameter of protozoa community tested changed with to different concentration of fipronil. And the function groups also changed: photosynthetic autotrophs and algivores disappeared while bectivoresdetrivores was the most tolerant species in this test. And the higher the concentration of fipronil was, the more obvious its predomination became. Although flagellate, ciliates and sarcodina reduced with the increasing concentration of fipronil, the ciliates reduced most.

**Keywords:** protozoa community, toxicity, fipronil.