

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2013.02.011

使它隆对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的急性毒性

史梦竹, 傅建伟, 李建宇, 郑丽桢, 游 泳, 魏 辉*
福建省农业科学院植物保护研究所, 福建 福州 350013

摘要:【背景】有关农药对水生生物的毒性和影响已有大量的报道,但关于使它隆对水生生物影响的研究较少。【方法】采用半静态法测试了使它隆对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的急性毒性,并计算使它隆对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的安全浓度。试验过程中,水温保持在 25 ℃ ± 1 ℃。【结果】随着受试鱼苗在药液中暴露时间的延长, LC_{50} 值逐渐减小。使它隆对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的 96 h LC_{50} 值分别为 0.4764、0.3962 和 0.6918 mg · L⁻¹。使它隆对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的安全浓度分别为 0.0476、0.0392 和 0.0692 mg · L⁻¹。【结论与意义】使它隆对草鱼、鲢鱼和鲫鱼表现高毒,这为使它隆的风险评估和环境安全管理提供了依据。
关键词: 使它隆; 草鱼; 鲢鱼; 鲫鱼; 急性毒性

Acute toxicity of Fluroxypyr on grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*), chub (*Hypophthalmichthys molitrix*) and crucian (*Carassius auratus*)

Meng-zhu SHI, Jian-wei FU, Jian-yu LI, Li-zhen ZHENG, Yong YOU, Hui WEI*
Institute of Plant Protection, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350013, China

Abstract: 【Background】Several reports about the toxicity and the effect of pesticides on aquatic organisms have been published, but few papers have dealt with Fluroxypyr effects on aquatic organisms. This paper examined the acute toxicity and the safety of Fluroxypyr on fish. 【Method】Acute toxicity and safe concentrations of Fluroxypyr for *Ctenopharyngodon idellus*, *Hypophthalmichthys molitrix* and *Carassius auratus* were investigated using standardized laboratory procedures. Tests were conducted at water temperature of 25 ℃ ± 1 ℃. 【Result】The results indicated that median lethal concentrations (LC_{50}) declined with increased duration of exposure to chemicals. The 96 h LC_{50} of Fluroxypyr for *C. idellus*, *H. molitrix* and *C. auratus* were 0.4764 mg · L⁻¹, 0.3962 mg · L⁻¹ and 0.6918 mg · L⁻¹, and the safe exposure concentrations were 0.0476 mg · L⁻¹, 0.0396 mg · L⁻¹ and 0.0692 mg · L⁻¹ respectively. 【Conclusion and significance】This research confirmed the acute toxicity of Fluroxypyr on *C. idellus*, *H. molitrix* and *C. auratus*, and its belonging to high toxicity substances. The paper provided a scientific basis for risk assessment of Fluroxypyr and environmental safety management.

Key words: Fluroxypyr; *Ctenopharyngodon idellus*; *Hypophthalmichthys molitrix*; *Carassius auratus*; acute toxicity

近年来,随着除草剂使用种类和频率的增加,水体污染越来越严重,已经对水生生物,特别是水生动物造成了极大的危害。鱼类作为水体中的主要动物,成了直接的受害者,而受害的鱼类也可能通过食物链最终影响人类(南旭阳和张耀光,2002)。因此,除草剂对于水生动物的影响备受人们的关注。使它隆(Fluroxypyr)是一种有机杂环类选择性内吸传导型苗后除草剂,药后很快被植物吸收,使敏感植物出现典型激素类除草剂的反应,植株畸形、扭曲,最终枯死,适用于防除小麦、大麦、玉米等禾本科作物田中各种阔叶杂草,对作物安全,

低毒(农业部农药检定所,2008)。20%使它隆乳油对空心莲子草 *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. 具有很好的防效,药后 15 d,氯氟吡氧乙酸(使它隆)对不同生育期空心莲子草株防效均达 100%(马明勇等,2009)。国内外学者就农药对水生生物的毒性和影响做了大量的报道(陈家长等,2005;黄帆等,2007;Magesh & Kumaraguru,2006),而有关使它隆对水生生物影响的研究较少,耿德贵等(2000)研究发现,使它隆对黄鳝 *Monopterus albus* (Zuiew) 细胞具有一定的致突变作用(耿德贵等,2000)。

US EPA 和 OECD(国际经济协作和发展组织)认可测定单一化学物毒性试验用鱼为斑马鱼 *Danio rerio* (Hamilton)(杜青平等, 2012), 我国在这方面没有明确的规定, 通常选择在我国具有代表性的鱼类。草鱼 *Ctenopharyngodon idellus* Cuvier et Valenciennes、鲢鱼 *Hypophthalmichthys molitrix* Cuvier et Valenciennes、鲫鱼 *Carassius auratus* L. 是我国重要的经济鱼类, 也是河流、湖泊及淡水养殖中常见的主要鱼种, 在人工控制条件下可常年繁殖(郭诗照等, 2011; 黄春红等, 2008; 金庆华和李桂玲, 1998)。因此, 本试验选用草鱼、鲢鱼和鲫鱼研究使它隆对鱼类的急性毒性效应, 所得的试验结果具有一定的代表性, 可为除草剂使它隆在水域的合理、安全使用提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

(1) 供试鱼类: 草鱼鱼苗, 平均体质量 $0.20 \pm 0.01 \text{ g} \cdot \text{尾}^{-1}$; 鲢鱼鱼苗, 平均体质量 $0.49 \pm 0.01 \text{ g} \cdot \text{尾}^{-1}$; 鲫鱼鱼苗, 平均体质量 $0.52 \pm 0.01 \text{ g} \cdot \text{尾}^{-1}$ 。上述 3 种鱼苗均购自福建省福州市闽侯南屿五溪鱼苗场。

(2) 供试用水: 试验容器为 $\Phi = 25 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$ 的圆柱形玻璃缸, 装有经过 48 h 充分曝气的自来水, 温度 $24 \sim 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$, pH $6.8 \sim 7.2$, 溶解氧保持在 $5.8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上, 保持自然光照。

1.2 供试药剂

20% 使它隆乳油(美国陶氏益农公司)。根据需要稀释成不同质量浓度的药液, 见 1.3.2。

1.3 方法

1.3.1 预试验 采用半静态法(蔡道基, 1999)进行生物测试。草鱼、鲢鱼、鲫鱼等供试鱼苗试验前驯养 10 d 左右, 驯养期间鱼苗未出现自然死亡现象, 选择健康、反应灵敏、大小基本一致的鱼苗用于试验。试验前 24 h 停止喂食。每个鱼缸中加入 5 L 药液, 分别放入供试鱼苗 10 尾。试验期间用增氧机持续充气增氧, 不投喂饵料。用毛笔多次轻触鱼苗尾部, 若无任何反应, 则认为鱼体已经死亡, 并及时捞出死亡个体。

1.3.2 急性毒性试验 根据预实验分别确定使它隆对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的 24 h 100% 致死浓度 (LC_{100}) 和 96 h 最大耐受浓度 (LC_0), 然后在此范围

内设 6 个浓度梯度和 1 个清水对照组, 每个处理重复 3 次。根据预试验结果, 使它隆的供试浓度: 对草鱼毒性正式试验时的浓度设置为 0.2857 、 0.3333 、 0.4000 、 0.5000 、 0.6667 、 $1.0000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 对鲢鱼毒性正式试验时的浓度设置为 0.2857 、 0.3333 、 0.4000 、 0.5000 、 0.6667 、 $1.0000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 对鲫鱼毒性正式试验时的浓度设置为 0.5000 、 0.5714 、 0.6700 、 0.8000 、 1.0000 、 $1.3333 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

参照 1.3.1 的方法进行试验。试验开始 6 h 后, 随时观察并记录受试鱼的行为、中毒症状、死亡尾数等, 其后分别记录 24、48、72 和 96 h 的死亡尾数。每天测定并记录试液温度、pH 及溶解氧浓度。试验期间每 24 h 更换 1 次药液。

1.4 数据处理

采用 SPSS 17.0 进行统计分析, 计算出线性回归方程, 分别求出使它隆处理后 24、48、72 和 96 h 的 LC_{50} 值以及 95 % 置信区间; 再用经验公式 $Sc = 96 \text{ h } LC_{50} \times 0.1$ 计算出安全浓度(国家环境保护局, 1993)。

根据《化学农药环境安全评价试验准则》的建议, 农药对鱼类的毒性等级划分以 96 h LC_{50} 值为标准, $LC_{50} \leq 0.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 为剧毒, $0.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} < LC_{50} \leq 1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 为高毒, $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} < LC_{50} \leq 10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 为中毒, $LC_{50} > 10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 为低毒(国家环境保护总局南京环境科学研究所, 1990)。

2 结果与分析

2.1 草鱼、鲢鱼和鲫鱼对使它隆的中毒症状

在试验过程中, 使它隆的浓度越高, 草鱼、鲢鱼和鲫鱼的中毒症状越明显。试验初期, 3 种鱼苗没有明显中毒症状; 中期, 鱼苗出现冲撞缸壁, 并有上下游动、窜跳甚至越出水面的现象; 到中毒后期, 随着药液处理浓度的升高和时间的延长, 3 种鱼苗游动减慢, 逐渐静卧缸底, 也有的鱼苗漂浮水面, 体表发红, 直至鱼体僵直, 腹部向上, 身体肿胀, 反应迟钝, 最后死亡。

2.2 使它隆对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的急性毒性

使它隆对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的急性毒性结果见表 1~3。结果表明, 随着鱼苗在药液中暴露时间的延长, 使它隆对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的 LC_{50} 值逐渐减小, 表明使它隆对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的急性毒性随着暴露时间的延长而增强。随着使它隆浓度的增

大,草鱼、鲢鱼和鲫鱼死亡率逐渐升高,呈明显的剂量一效应关系。在 24、48、72 和 96 h 暴露条件下,使它隆对草鱼的 LC_{50} 值分别为 0.88、0.71、0.59 和 0.48 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$,使它隆对鲢鱼的 LC_{50} 值分别为0.48、0.46、0.42 和 0.40 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$,使它隆对鲫鱼的 LC_{50} 值分别为 0.72、0.72、0.69 和 0.69 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

表 1 使它隆对草鱼的急性毒性
Table 1 The acute toxicity of Fluroxypyr to *C. idellus*

时间 Exposure time (h)	毒力回归方程 Toxicity regression equation	R^2	LC_{50} ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	95% 置信区间 95% confidence interval ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	毒性等级 Toxicity category (96 h)	安全浓度 Safe concentration ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
24	$y = 5.6283 + 10.9632x$	0.9361	0.88	0.8259 ~ 0.9464	高毒 High toxicity	0.0476
48	$y = 6.2212 + 8.1355x$	0.9552	0.71	0.6566 ~ 0.7543		
72	$y = 6.8962 + 8.2522x$	0.9404	0.59	0.5115 ~ 0.6416		
96	$y = 8.7346 + 11.5982x$	0.8943	0.48	0.2927 ~ 0.5630		

毒力回归方程中, y 为死亡概率, x 为浓度对数。
In the toxicity regression equation, y is probit of mortality, x is the logarithm of concentration.

表 2 使它隆对鲢鱼的急性毒性
Table 2 The acute toxicity of Fluroxypyr to *H. molitrix*

时间 Exposure time (h)	毒力回归方程 Toxicity regression equation	R^2	LC_{50} ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	95% 置信区间 95% confidence interval ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	毒性等级 Toxicity category (96 h)	安全浓度 Safe concentration ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
24	$y = 12.5222 + 23.5411x$	0.9545	0.48	0.4578 ~ 0.4999	高毒 High toxicity	0.0396
48	$y = 10.0872 + 15.0340x$	0.9545	0.46	0.4323 ~ 0.4821		
72	$y = 8.9149 + 10.4708x$	0.9532	0.42	0.3901 ~ 0.4493		
96	$y = 9.3998 + 10.9415x$	0.9524	0.40	0.3594 ~ 0.4232		

毒力回归方程中, y 为死亡概率, x 为浓度对数。
In the toxicity regression equation, y is probit of mortality, x is the logarithm of concentration.

表 3 使它隆对鲫鱼的急性毒性
Table 3 The acute toxicity of Fluroxypyr to *C. auratus*

时间 Exposure time (h)	毒力回归方程 Toxicity regression equation	R^2	LC_{50} ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	95% 置信区间 95% confidence interval ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	毒性等级 Toxicity category (96 h)	安全浓度 Safe concentration ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
24	$y = 7.0786 + 14.7588x$	0.9528	0.72	0.6407 ~ 0.9219	高毒 High toxicity	0.0692
48	$y = 6.6106 + 11.2231x$	0.9538	0.72	0.5905 ~ 1.4760		
72	$y = 6.3765 + 8.6938x$	0.9523	0.69	0.6252 ~ 0.8164		
96	$y = 6.0931 + 6.8316x$	0.8686	0.69	0.5635 ~ 1.1478		

毒力回归方程中, y 为死亡概率, x 为浓度对数。
In the toxicity regression equation, y is probit of mortality, x is the logarithm of concentration.

2.3 使它隆对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的安全性

使它隆对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的 96 h LC_{50} 值分别为 0.4764、0.3962 和 0.6918 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。根据现行农药对鱼类毒性的分级标准,使它隆对草鱼、鲢鱼和鲫鱼属于高毒农药。使它隆对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的安全浓度分别为 0.0476、0.0396 和 0.0692 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

3 小结与讨论

虽然对斑马鱼表现高毒和剧毒的农药主要是杀虫剂,大多数杀菌剂、除草剂和植物生长调节剂

均对斑马鱼表现中毒或低毒,但仍然不能忽视杀菌剂和除草剂的风险评估和管理,因为部分有效成分也具有较高风险(才冰等,2011),如除草剂 8% 精喹禾灵微乳剂对斑马鱼高毒(赵春青等,2008)。本研究结果表明,使它隆对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的 96 h LC_{50} 值分别为 0.4764、0.3962 和 0.6918 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。因此,除草剂使它隆对草鱼、鲢鱼和鲫鱼均属于高毒农药。陈家长等(2005)研究发现,使它隆对白鲢的 96 h $LC_{50} < 1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,为高毒农药,这与本研究结果相符。

除草剂骠马对草鱼 96 h LC_{50} 为 $0.078 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 属于高毒农药, 水环境中低剂量除草剂骠马的存在, 可诱导鱼类遗传物质 DNA 发生变化(陈家长等, 2006)。本研究也发现, 低浓度的使它隆对供试鱼苗没有致毒作用, 但随着药液浓度的升高和鱼苗在药液中暴露时间的延长, 供试鱼苗的免疫系统及其机能会受到一定的损害, 高浓度药液会致供试鱼苗死亡。但是, 使它隆对鱼体的生理生化及其致毒机理都有待进一步研究。

由于使它隆对鱼类属于高毒农药, 在其使用方面建议: (1) 在水域中尽量使用低浓度的药液, 以确保水生生物能安全地完成生长发育; (2) 施药后, 对曾装有使它隆的废瓶或废袋等应采取烧毁、填埋等处理方法, 禁止丢弃在水体中, 以避免农药在水体中的积累, 影响水生生物的生长发育。

参考文献

- 才冰, 袁善奎, 曲薨薨, 刘顺, 刘茜, 瞿唯钢. 2011. 360 种农药制剂对斑马鱼的急性毒性研究. *农药科学与管理*, 32(1): 31–34.
- 蔡道基. 1999. 农药环境毒理学研究. 北京: 中国环境科学出版社.
- 陈家长, 胡庚东, 瞿建宏. 2005. 5 种除草剂对白鲢鱼种急性毒性试验. *湛江海洋大学学报*, 25(4): 35–38.
- 陈家长, 杨林, 胡庚东, 瞿建宏, 吴伟, 范立民. 2006. 除草剂骠马对草鱼遗传毒性的研究. *农业环境科学学报*, 25(2): 295–300.
- 杜青平, 刘伍香, 袁保红, 贾晓珊. 2012. 1,2,4-三氯苯对斑马鱼生殖和胚胎发育毒性效应. *中国环境科学*, 32(4): 736–741.
- 耿德贵, 王秀琴, 刘士旺, 刘贤德, 叶覃, 韩燕. 2000. 除草剂使它隆对黄鳝细胞的致突变作用研究. *环境与健康杂志*, 17(2): 103–105.
- 国家环境保护局. 1993. 水生生物监测手册. 南京: 东南大学出版社.
- 国家环境保护总局南京环境科学研究所. 1990. 化学农药环境安全评价试验准则. *农药科学与管理*, 11(2): 1–5.
- 郭诗照, 王荣泉, 傅建军, 沈玉帮, 宣云峰, 李应森, 李家乐. 2011. 草鱼、鳊鱼及其杂交鱼的形态差异分析. *江苏农业科学*, 39(5): 320–322.
- 黄春红, 曾伯平, 董建波. 2008. 青鱼、草鱼、鲢鱼和鳊鱼鱼头营养成分比较. *湖南文理学院学报: 自然科学版*, 20(3): 46–48, 57.
- 黄帆, 郭正元, 徐珍, 杨仁斌. 2007. 氰氟草酯和精噁唑禾草灵对蝌蚪的毒性研究. *农业环境科学学报*, 26(3): 1063–1066.
- 金庆华, 李桂玲. 1998. 中国鲢鱼营养成分的研究. *食品科学*, 19(8): 41–43.
- 马明勇, 傅建伟, 朱道弘, 李彦宁, 郭建英. 2009. 不同除草剂对空心莲子草的控制作用评价. *植物保护*, 35(4): 154–157.
- 南旭阳, 张耀光. 2002. 精克草星对鲫鱼红细胞核、血细胞数和血红蛋白量的影响. *西南师范大学学报: 自然科学版*, 27(4): 553–558.
- 农业部农药检定所. 2008. 农药电子手册 3.0.36. <http://www.ny100.cn>.
- 赵春青, 钱坤, 李学锋, 王成菊, 何川, 刘亮, 姜辉, 邱立红. 2008. 不同类型农药对斑马鱼的急性毒性与安全评价. *安徽农业科学*, 36(34): 15027–15028.
- Magesh S and Kumaraguru A K. 2006. Acute toxicity of endosulfan to the milkfish, *Chanos chanos*, of the southeast coast of India. *Bulletin of Environment Contamination and Toxicology*, 76: 622–628.

(责任编辑: 杨郁霞)

