

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2013.02.009

2,4-D 二甲胺盐对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的急性毒性

傅建伟, 李建宇, 史梦竹, 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】2,4-D 二甲胺盐是一种选择内吸性除草剂,用于清除果园、牧场、水域等环境中的藜、苋等阔叶杂草。本文明确了 2,4-D 二甲胺盐在防除鱼塘杂草过程中对淡水鱼类的毒性。【方法】采用半静态法测试了 2,4-D 二甲胺盐对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的急性毒性,并明确了 2,4-D 二甲胺盐对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的安全浓度。【结果】随着供试鱼苗在药液中暴露时间的延长, LC_{50} 值逐渐减小。2,4-D 二甲胺盐对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的 96 h LC_{50} 值分别为 369.27、339.20 和 438.47 $mg \cdot L^{-1}$ 。2,4-D 二甲胺盐对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的安全浓度分别为 36.93、33.92 和 43.85 $mg \cdot L^{-1}$ 。【结论与意义】2,4-D 二甲胺盐对草鱼、鲢鱼和鲫鱼表现低毒。本研究为合理使用 2,4-D 二甲胺盐防除水生杂草提供了依据。

关键词: 2,4-D 二甲胺盐; 草鱼; 鲢鱼; 鲫鱼; 急性毒性

Acute toxicity of 2, 4-D Dimethylamine Salt to grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*), chub (*Hypophthalmichthys molitrix*) and crucian (*Carassius auratus*)

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

Abstract:【Background】2,4-D Dimethylamine Salt is a selective and systemic herbicide, used to control the Chenopodiaceae and Amaranthaceae weeds in the orchards, pastures, water ways, etc. This paper confirmed the toxicity of 2,4-D Dimethylamine Salt on three freshwater fish species when used to control aquatic weeds.【Method】Acute toxicity of 2,4-D Dimethylamine Salt on *Ctenopharyngodon idellus*, *Hypophthalmichthys molitrix* and *Carassius auratus* were measured using semi-static laboratory procedures to calculate the safe exposure concentrations for these species.【Result】The results indicated that the median lethal LC_{50} concentrations declined with increased exposure duration after 96 h of exposure, the median lethal concentrations (LC_{50}) of 2,4-D Dimethylamine Salt in *C. idellus*, *H. molitrix* and *C. auratus* were 369.27 $mg \cdot L^{-1}$, 339.20 $mg \cdot L^{-1}$ and 438.47 $mg \cdot L^{-1}$. The safe exposure concentrations of 2,4-D Dimethylamine Salt in *C. idellus*, *H. molitrix* and *C. auratus* were 36.93 $mg \cdot L^{-1}$, 33.92 $mg \cdot L^{-1}$ and 43.85 $mg \cdot L^{-1}$, respectively.【Conclusion and significance】2,4-D Dimethylamine Salt can be considered as a low toxic substance for *C. idellus*, *H. molitrix* and *C. auratus*. Considering the low level of toxicity of 2,4-D on *C. idellus*, *H. molitrix* and *C. auratus*, this study provides scientific support for the potential spraying of 2,4-D to control aquatic weeds.

Key words: 2,4-D Dimethylamine Salt; *Ctenopharyngodon idellus*; *Hypophthalmichthys molitrix*; *Carassius auratus*; acute toxicity

随着现代农业的发展,除草剂的使用范围不断扩大,其对动物、人类及生态环境的影响备受关注。在日常使用的除草剂中,只有大约 1% 作用于靶标生物,其余则直接混入雨水通过水流或残留于土壤而最终进入水体,从而对环境造成危害(杨志强等, 2004)。大量研究表明,多数除草剂会对水生动植物产生直接的毒害作用(李银梅和金锡鹏,1992; Jan *et al.*,1997; Kirby & Sheahan,1994)。2,4-D 二

甲胺盐是一种选择性内吸传导型除草剂,具有较强的传导作用,可促进或抑制植物某些器官生长,使杂草茎叶畸型生长,对藜 Chenopodiaceae、苋 Amaranthaceae 等阔叶杂草具有较好的控制效果(中华人民共和国农业部农药检定所,2008),被广泛用于生长在河流、湖泊和水塘等地的喜旱莲子草 *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. 的防除(陆云梅和荆卫锋,2009; Guo *et al.*,2011)。

收稿日期(Received): 2013-03-05 接受日期(Accepted): 2013-04-20

* 通讯作者(Author for correspondence), E-mail: weihui318@vip.qq.com

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,也是淡水养殖的主要鱼种,在人工条件下能常年繁殖(郭诗照等,2011;黄春红等,2008;杨丽华等,2003)。有关 2,4-D 二甲胺盐对草鱼、鲢鱼和鲫鱼等 3 种鱼的毒性尚未见报道。因此,本文测定 2,4-D 二甲胺盐对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的急性毒性,旨在为 2,4-D 二甲胺盐的合理使用提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试鱼类:草鱼鱼苗,平均体质量(0.20 ± 0.01) g·尾⁻¹;鲢鱼鱼苗,平均体质量(0.49 ± 0.01) g·尾⁻¹;鲫鱼鱼苗,平均体质量(0.52 ± 0.01) g·尾⁻¹。这 3 种鱼苗均购自福建省福州市闽侯南屿五溪鱼苗场。

供试用水:试验容器为圆柱形玻璃缸($\Phi = 25$ cm $\times$ 25 cm),装有经过 48 h 充分曝气的自来水,温度 24 ~ 26 °C, pH 6.8 ~ 7.2,溶解氧保持在 5.8 mg·L⁻¹ 以上,保持自然光照。

1.2 供试药剂

860 g·L⁻¹ 2,4-D 二甲胺盐水剂,江苏常州永泰丰化工有限公司生产。

1.3 供试方法

1.3.1 预试验 采用半静态法进行测试(蔡道基,1999)。草鱼、鲢鱼、鲫鱼等供试鱼苗在试验前要驯养 10 d 左右,驯养期间自然死亡率保持在 5% 以下,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。试验开始 6 h 后,即时观察并记录供试鱼苗的行为、中毒症状、死亡尾数等,此后分别记录 24、48、72 和 96 h 的死亡尾数。用毛笔多次轻触鱼苗尾部,若无任何反应,则视为死亡,并及时捞出死亡个体。

试验期间不投喂饵料。每天测定并记录试液温度、pH 及溶解氧浓度。每 24 h 更换 1 次药液。

1.3.2 急性毒性试验 根据预试验分别确定 2,4-D 二甲胺盐对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的 24 h 100% 致死浓度(LC_{100})和 96 h 最大耐受浓度(NOEC),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。2,4-D 二甲胺盐的供试浓度:草鱼:

268.7、358.3、537.5、1075.0、2150.0、4300.0 mg·L⁻¹; 鲢鱼:286.7、344.0、430.0、573.3、860.0、1720.0 mg·L⁻¹; 鲫鱼:358.3、430.0、537.5、716.7、1075.0、2150.0 mg·L⁻¹。试验方法与预试验一致。

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,并分别求出 2,4-D 二甲胺盐处理后 24、48、72 和 96 h 的 LC_{50} 值以及 95% 置信区间,确定 2,4-D 二甲胺盐对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的急性毒性等级。然后用经验公式 $Sc = 96 \text{ h } LC_{50} \times 0.1$ 计算出 2,4-D 二甲胺盐的安全浓度(国家环境保护局,1993)。

毒性评价根据《化学农药环境安全评价试验准则》,以 96 h LC_{50} 值判断, $LC_{50} \leq 0.1$ mg·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 2,4-D 二甲胺盐中毒症状

试验开始时,草鱼、鲢鱼和鲫鱼 3 种供试鱼苗基本能适应药液环境,可以正常游动,但随着在药液中暴露时间的延长,供试鱼苗逐渐出现中毒症状和死亡现象。

6 h 后,各药液处理组的供试鱼苗均出现游动速度增大和呼吸频率加快的现象,而清水对照组未出现中毒症状。高浓度药液处理组较早出现异常反应,供试鱼苗游动时,身体平衡能力明显受到影响,在水中出现侧翻现象;此后,供试鱼苗逐渐出现游动缓慢、鱼体失去平衡、翻身打旋、抽搐痉挛等中毒现象,对外界的刺激反应减弱,最后完全失去反应直至死亡。

2.2 2,4-D 二甲胺盐对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的急性毒性

2,4-D 二甲胺盐对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的急性毒性测定结果见表 1~3。结果表明,随着暴露时间的延长,2,4-D 二甲胺盐对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的 LC_{50} 值逐渐减小,说明其对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的急性毒性逐渐提高。随着 2,4-D 二甲胺盐药剂浓度的增大,草鱼、鲢鱼和鲫鱼的死亡率逐渐上升,呈现明显的剂量—效应关系。

表1 2,4-D 二甲胺盐对草鱼的急性毒性
Table 1 Toxicity of 2,4-D Dimethylamine Salt in *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	$y = -21.518 + 9.4739x$	0.9077	629.64	495.0049 ~ 717.8133	低毒 Low toxicity	36.93
48	$y = -16.649 + 8.2796x$	0.9109	411.78	276.5082 ~ 506.7439		
72	$y = -17.629 + 8.6935x$	0.9093	400.89	267.6906 ~ 495.1761		
96	$y = -17.967 + 8.9458x$	0.8982	369.27	234.6742 ~ 465.8500		

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 2,4-D 二甲胺盐对鲢鱼的急性毒性
Table 2 Toxicity of 2,4-D Dimethylamine Salt in *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	$y = -51.5196 + 21.0362x$	0.9175	486.15	440.0875 ~ 515.8733	低毒 Low toxicity	33.92
48	$y = -54.4657 + 22.7132x$	0.8345	415.06	328.3897 ~ 459.1939		
72	$y = -34.1881 + 15.1688x$	0.8460	383.24	316.7527 ~ 425.6301		
96	$y = -20.8826 + 10.8500x$	0.8466	339.20	255.8524 ~ 391.8831		

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 2,4-D 二甲胺盐对鲫鱼的急性毒性
Table 3 Toxicity of 2,4-D Dimethylamine Salt in *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	$y = -46.4518 + 18.5596x$	0.9136	591.90	529.3652 ~ 631.6150	低毒 Low toxicity	43.85
48	$y = -50.9984 + 20.5265x$	0.8385	534.69	436.8364 ~ 581.1690		
72	$y = -57.1397 + 23.3069x$	0.8242	463.61	371.1805 ~ 519.6719		
96	$y = -41.6415 + 17.6543x$	0.7100	438.47	345.2081 ~ 497.2629		

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 2,4-D 二甲胺盐对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的安全浓度

2,4-D 二甲胺盐对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的 96 h LC_{50} 值分别为 369.27、339.20 和 438.47 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。根据我国农药对鱼类毒性的分级标准, 2,4-D 二甲胺盐对草鱼、鲢鱼和鲫鱼属低毒农药。2,4-D 二甲胺盐对草鱼、鲢鱼和鲫鱼的安全浓度分别为 36.93、33.92 和 43.85 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

3 讨论

不同除草剂对鱼类的毒性不同。骠马对草鱼为高毒农药, 草鱼在经过除草剂骠马染毒 24 h 后, 基因组 DNA 发生了变化(陈家长等, 2006)。不同种鱼类对不同除草剂的耐受性也不同, 鲤鱼 *Cyprinus carpio* 对使它隆、禾田净、禾大壮、苯达松、丁草胺等 5 种除草剂的耐受力较强, 白鲫和草鱼则较敏

感(张中俊等, 1990)。本研究结果表明, 2,4-D 二甲胺盐对草鱼、鲢鱼和鲫鱼均属低毒农药。

据报道, 以 86% 2,4-D 二甲胺盐水剂 400 ~ 600 倍液(215 ~ 143.33 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 2 次施药防除河道喜旱莲子草, 速效性好, 持效期长, 药后 1、3、5、7 d, 各鱼种吃食正常, 未发生活动异常和死鱼现象(陆云梅和荆卫锋, 2009), 说明 2,4-D 二甲胺盐在田间使用过程中, 有效的使用浓度不会对鱼类产生明显影响, 与本研究结果一致。

试验过程中发现, 草鱼、鲢鱼和鲫鱼在较高浓度 2,4-D 二甲胺盐处理下, 产生鳃发红、鱼眼浑浊等中毒现象。因此, 在使用 2,4-D 二甲胺盐防治水生杂草时必须在安全浓度下选择适当的使用浓度; 同时应尽量减少 2,4-D 二甲胺盐在水体中的使用, 避免其进入鱼类养殖区、产卵场、越冬场、仔稚幼鱼

的索饵场等敏感水区及水体保护区。

除草剂二氯喹啉酸对湘云鲫的细胞致毒作用,表现为对其鳃、肝脏中 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$ 和 $\text{Mg}^+ - \text{ATPase}$ 的活性产生抑制作用,从而影响湘云鲫的正常生理机能(宋稳成等,2002)。 Cu^{2+} 对鳙鱼 *Hypophthalmichthys nobilis* 的胚胎发育有明显的延缓作用, Cd^{2+} 溶液对鳙鱼胚胎的致毒作用也很明显,可导致鱼仔畸形或死亡(叶素兰和余治平,2009)。2,4-D 二甲胺盐可显著降低莲草直胸跳甲 *Agasicles hygrophila* 成虫的取食量、卵孵化率、幼虫存活率和蛹羽化率等(傅建炜等,2012)。因此,2,4-D 二甲胺盐在水体中的使用是否会对草鱼、鲢鱼和鲫鱼产生细胞毒性作用,是否会对其生长发育过程产生影响,还需要进一步研究和评价。

参考文献

- 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, 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.
- 傅建炜, 史梦竹, 李建宇, 肖玉军, 郑丽祯, 郭建英. 2012. 2,4-D 二甲胺盐对莲草直胸跳甲生存和繁殖的影响. 生态毒理学报, 7(4): 23 – 30.
- 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、鳙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、鲢鱼和鳙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.
- 李银梅, 金锡鹏. 1992. 除草剂毒理学研究近况. 现代预防医学, 19(2): 108 – 110.
- 陆云梅, 荆卫锋. 2009. 2,4-D 胺盐药剂防除河道水花生效果初报. 杂草科学, (4): 59 – 60.
- 宋稳成, 杨仁斌, 郭正元, 余苹中. 2002. 二氯喹啉酸对湘云鲫的急性毒性及对鱼鳃、肝脏 ATP 酶活性的影响. 农村生态环境, 18(2): 44 – 46.
- 杨丽华, 方展强, 郑文彪. 2003. 重金属对鲫鱼的急性毒性及安全浓度评价. 华南师范大学学报: 自然科学版, (2): 101 – 106.
- 杨志强, 董波, 吴进才. 2004. 普通小球藻对噻草酮、骠马和甲草胺的敏感性研究. 应用生态学报, 15(9): 1621 – 1625.
- 叶素兰, 余治平. 2009. Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Cr^{6+} 对鳙胚胎和仔鱼的急性致毒效应. 水产科学, (5): 263 – 267.
- 张中俊, 楼根林, 高劲. 1990. 除草剂对稻田鱼类、水蚤及蝌蚪的毒性研究. 农业环境保护, 9(6): 41 – 42.
- 中华人民共和国农业部农药检定所. 2008. 农药电子手册 3.0.36. <http://www.ny100.cn>.
- Guo J Y, Fu J W, Xian X Q, Ma M Y and Wan F H. 2012. Performance of *Agasicles hygrophila* (Coleoptera: Chrysomelidae), a biological control agent of invasive alligator weed, at low non-freezing temperatures. *Biological Invasions*, 14: 1597 – 1608.
- Kirby M F and Sheahan D A. 1994. Effects of Atrazine, Isoproturon, and Mecoprop on the macrophyte *Lemna minor* and the alga *Scenedesmus subspicatus*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 53(1): 120 – 126.
- van den Brink P J, Hartgers E M, Fettweis U, Crum S J, van Donk E and Brock T C. 1997. Sensitivity of macrophyte-dominated freshwater microcosms to chronic levels of the herbicide Linuron. *Ecotoxicology and Environment Safety*, 38: 25 – 35.

(责任编辑: 彭露)

