### 吡啶硫酮类防污剂对华美盘管虫早期不同发育阶段的毒性效 应研究

商 群1,陈 新1,王超超2,葛天宇1,曹 瑞3,朱秀琴1,徐利婷1,唐 敏1

(1. 海南大学 材料与化工学院, 海南 海口 570228; 2. 海南大学 农学院, 海南 海口 570228; 3. 中国农业 大学 动物医学院, 北京 100083)

摘要:以中国南海常见的多毛类——华美盘管虫(Hydroides elegans)作为受试生物,分别研究了吡啶硫酮铜和吡啶硫酮锌对早期不同发育阶段的华美盘管虫的急性毒理效应。发现暴露于吡啶硫酮铜的华美盘管虫精子和卵子的受精半数抑制浓度(IC<sub>50</sub>)分别为 19.49 µg/L 和 88.44 µg/L,担轮幼虫 24 h 半数致死浓度(24h-LC<sub>50</sub>)和 48 h 半数致死浓度(48h-LC<sub>50</sub>)分别为 7.35 µg/L 和 5.00 µg/L,后担轮幼虫 24h-LC<sub>50</sub>和 48h-LC<sub>50</sub>分别为 8.57 µg/L 和 5.87 µg/L;暴露于吡啶硫酮锌的华美盘管虫精子和卵子的受精 IC<sub>50</sub>分别为 36.74 µg/L 和 159.59 µg/L,担轮幼虫 24 h-LC<sub>50</sub>和 48 h-LC<sub>50</sub>分别为 8.57 µg/L 和 6.67 µg/L,后担轮幼虫 24 h-LC<sub>50</sub>和 48 h-LC<sub>50</sub> 和 48 h-LC<sub>50</sub>分别为 12.03 µg/L 和 8.07 µg/L。表明华美盘管虫早期发育的不同阶段对吡啶硫酮铜和吡啶硫酮锌的敏感性表现出一定差异,与配子受精率和后担轮幼虫的毒性反应相比,担轮幼虫 对吡啶硫酮铜和吡啶硫酮锌的毒性表现出较高的敏感性;而且,对吡啶硫酮铜的敏感性普遍高于吡啶硫酮锌。

关键词:华美盘管虫(Hydroides elegans); 吡啶硫酮铜; 吡啶硫酮锌; 毒性效应
中图分类号:X171.5 文献标识码:A 文章编号:1000-3096(2015)09-0033-06
doi: 10.11759/hykx20150201001

近年来,随着人们对海洋资源的开发力度不断 加大,海洋防污问题也越来越严峻。目前化学防污法 特别是防污涂料是最常用的防污技术,但防污涂料 中使用的很多防污剂都具有不同程度的生态毒性。 如有机锡曾是广泛使用的高效广谱防污剂,但因有 机锡对海洋生态环境造成的严重破坏,已在 2008 年 被禁止用于海洋防污涂料<sup>[1]</sup>。吡啶硫酮铜和吡啶硫酮 锌具有较好的防污效果,且在海水中见光易分解, 在国内外作为防污助剂已被大量使用<sup>[2-3]</sup>,但研究发 现在光照有限的地方则会明显积累<sup>[4]</sup>,在越南和日 本的船坞沉积物都已检测到吡啶硫酮铜<sup>[5-6]</sup>。吡啶酮 金属的海洋生态毒性方面的研究很少,以有机锡为 前车之鉴,因此,有必要对吡啶酮金属的生态毒性 进行较深入而系统的研究。

多毛类华美盘管虫(*Hydroides elegans*)广泛分布 于热带和亚热带海域<sup>[7-9]</sup>,是中国南海近岸海域常见 的多毛类。其生活史分为营浮游生活的幼虫期和固 着生活的成体期。华美盘管虫具有生长速度快、性 成熟早、幼虫阶段短和附着快速等特点<sup>[10-12]</sup>。在热 带海域,华美盘管虫全年都能进行繁殖,并且其在 实验室的培养及相应实验技术和方法也已经发展成 熟,因此是海洋生态毒理试验研究的理想生物。以往 在实验室中对华美盘管虫的研究主要集中在其早期发 育<sup>[12-13]</sup>、海洋酸化对其影响<sup>[14-15]</sup>、基因和蛋白质的表 达<sup>[7,16]</sup>,并作为一些防污剂及重金属检测的生态毒理 研究生物<sup>[17-19]</sup>。作者采用中国南海常见物种 ——华美 盘管虫为生态毒理研究对象,通过研究吡啶硫酮铜 和吡啶硫酮锌对其早期发育阶段的急性毒性效应, 以期为这两种吡啶硫酮类防污剂在中国南海的生态 毒性风险评价和安全使用剂量提供参考资料。<sup>1</sup>

#### 1 材料和方法

#### 1.1 材料

华美盘管虫成体采集于海南陵水近岸海域

收稿日期: 2015-01-23; 修回日期: 2015-06-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(31160098 和 31360105); 海南省自 然科学基金项目(313104); 海南大学博士科研启动基金项目(kyqd1046) 作者简介: 商群(1990-), 男, 硕士, 安徽安庆人, 研究方向: 海洋生物, E-mail: 1056227431@qq.com; 唐敏, 通信作者, 副教授, 博士, 主要从 事海洋污损、生态毒理研究, E-mail: tangmin@hainu.edu.cn

(18°30′N, 110°01′20″E), 常年水温为 24.5~25.5℃, 平 均海水盐度为 33, pH 为 8.2。

#### 1.2 方法

#### 1.2.1 华美盘管虫成体的培养

将采集的华美盘管虫放在玻璃水族箱中短期培养,使用采集地海水。暂养期间连续充气,每日早晚 各投饵 1 次,饵料为牟氏角毛藻(*Chaetoceros muelleri*),半量换水,每天 1 次。

#### 1.2.2 配子的获取和幼虫的培养

华美盘管虫的石灰质管被破坏后,产生应激反 应,常在1min之内就会释放大量配子<sup>[19]</sup>。用镊子轻 轻将华美盘管虫石灰质栖管破坏,取出成体,用过 滤海水(0.45 μm)润洗后,于海水中静置数分钟,即 可获得配子。

培养幼虫时,将获取的卵子和精子按照适宜比 例转移到盛有海水的烧杯,28 ℃条件下培养。每天换 水 1 次,投饵 1 次,饵料为球等鞭金藻(*Isochrysis galbana*)。选取培养 24 h的担轮幼虫和 72 h的后担 轮幼虫进行毒理试验。

#### 1.2.3 毒理试验

以二甲基亚砜(华大试剂)为溶剂,将吡啶硫酮 铜和吡啶硫酮锌(99%,上海广拓化学)分别配制 成 1000 mg/L 的储存液,再根据需要稀释成相应的 工作浓度。所有玻璃仪器及海水都经过高温高压灭 菌。试验期间保持温度 28 ℃,无光照。每一处理组 设平行样 3 个,试验重复 3 次。本实验选取成熟的卵 子和精子、培养 24 h 的担轮幼虫和 72 h 的后担轮幼 虫进行毒理试验。各处理组浓度根据预试验和等比 原则设置相应的毒物浓度范围。

#### 1.2.3.1 精子毒理试验

分别吸取 500 μL 精子溶液(40 000 个/μL), 暴露 于不同浓度的待检溶液(5 mL)中, 20 min 后分别将处 理过的精子溶液 1000 μL 与 200 个未处理的正常卵子 混合受精, 60 min 后加入 20%福尔马林终止受精, 之 后静置 20 min, 然后在显微镜下观察 100 个卵子, 计 数其中卵子受精率。

#### 1.2.3.2 卵子毒理试验

卵子毒理试验过程与精子毒理试验类似。即分 别将 200 个卵子暴露于不同浓度的测试液中, 20 min 后向烧杯中加入 100 μL 未处理的精子溶液(40 000 个/μL), 混合受精。60 min 后加入 20%福尔马林终止受精卵 继续发育,静置 20 min 后,在显微镜下观察 100 个卵 子,计数卵子受精率。

#### 1.2.3.3 担轮幼虫和后担轮幼虫毒理试验

通过在实验室培养获得担轮幼虫和后担轮幼 虫。分别吸取 15 只幼虫,向其中加入 4 mL 不同浓度 的测试液,分别在暴露 24 h 和 48 h 后,计数各组的 幼虫死亡数量和死亡率。

#### 1.2.4 数据分析

利用 SPSS19.0, 通过概率单位回归法分析得到 半数抑制浓度(IC<sub>50</sub>)、半数致死浓度(LC<sub>50</sub>)及其 95% 置信区间。配子受精发育的抑制率  $P = (P_e - P_c)/(1 - P_c) \times 100\%^{[21]}$ , 其中  $P_e$ 为实验组未成功受精发育卵子 比例,  $P_c$ 为空白组未成功受精发育卵子比例。

#### 2 结果

华美盘管虫成熟卵子直径约为 41 μm。一般在 28℃, pH 8.1, 盐度 35 的适宜条件下, 卵子受精后大 概在 30 min 内完成第一次分裂, 约 50 min 完成第二 次分裂。受精之后 100 min 即可达到 64 细胞阶段, 大概 2 h 达到囊胚期, 12 h 左右则能发育到担轮幼 虫阶段。

#### 2.1 吡啶硫酮对精子的毒性

以可发生卵裂的受精卵为成功受精的判断依据, 其余未受精及受精但未分裂的卵子则都算作异常。 试验发现不同浓度处理组之间,成功发育比例存在 差异(图 1 和图 2)。当吡啶硫酮铜质量浓度为 5  $\mu$ g/L 时,即会对精子活性产生抑制作用,此浓度对受精 抑制率为 6.25%;质量浓度为 50  $\mu$ g/L 时,受精抑制 率达到 96.88%,其 IC<sub>50</sub>为 19.49 $\mu$ g/L;吡啶硫酮锌质 量浓度为 10  $\mu$ g/L 时,抑制率为 12.63%,质量浓度 为 100  $\mu$ g/L 时抑制率为 95.79%,其 IC<sub>50</sub>为 36.74  $\mu$ g/L (表 1)。



#### 图 1 吡啶硫酮铜对华美盘管虫精子的毒性效应



海洋科学 / 2015 年 / 第 39 卷 / 第 9 期

生长阶段	暴露时间 _	CuPT(µg/L)		$ZnPT(\mu g/L)$	
		IC <sub>50</sub> orLC <sub>50</sub>	95%置信区间	IC <sub>50</sub> orLC <sub>50</sub>	95% 置信区间
精子	20 min	19.49	18.84~21.82	36.74	32.15~38.94
卵子	20 min	88.44	79.22~96.10	159.59	135.84~179.80
担轮幼虫	24 h	7.35	5.11~11.27	8.57	5.74~13.19
	48 h	5.00	3.53~7.18	6.67	4.44~10.13
后担轮幼虫	24 h	8.57	6.35~11.96	12.03	8.43~17.50
	48 h	5.87	4.17~8.48	8.07	5.40~12.38

表 1 吡啶硫酮类防污剂对华美盘管虫不同时期的 IC<sub>50</sub>、LC<sub>50</sub>及其 95%置信区间





Fig. 2 Toxic effect of zinc pyrithione on sperm of *Hy*droides elegans

#### 2.2 吡啶硫酮对卵子的毒性

试验发现质量浓度为 25 μg/L 的吡啶硫酮铜对 卵子受精过程会产生抑制作用,抑制率为 2.06%,当 质量浓度为 200 μg/L 时,抑制率达到 98.97%,其 IC<sub>50</sub>为 88.44 μg/L; 吡啶硫酮锌质量浓度 50 μg/L 时,抑制率为 5.32%,当质量浓度为 400 μg/L 时,抑制率 为 97.87%,其 IC<sub>50</sub>为 159.59 μg/L(图 3 和图 4)。









#### 图 4 吡啶硫酮锌对华美盘管虫卵子的毒性效应



#### 2.3 吡啶硫酮对担轮幼虫的毒性

当担轮幼虫分别暴露于 1.0  $\mu$ g/L 的吡啶硫酮铜 和吡啶硫酮锌时,幼虫死亡率与对照组无明显差异。 暴露于 25  $\mu$ g/L 吡啶硫酮铜, 24 h 和 48 h 担轮幼虫的 死亡率为 100%, 24 h 和 48 h 的 LC<sub>50</sub>分别为 7.35  $\mu$ g/L 和 5.00  $\mu$ g/L; 当吡啶硫酮锌质量浓度为 50  $\mu$ g/L 时, 暴露时间在 24 h 和 48 h 的担轮幼虫的死亡率都达到 了 100%, 24 h 和 48 h 的 LC<sub>50</sub>分别为 8.57  $\mu$ g/L 和 6.67  $\mu$ g/L (图 5 和图 6)。

#### 2.4 吡啶硫酮对后担轮幼虫的毒性

后担轮幼虫分别暴露于 1.0  $\mu$ g/L 吡啶硫酮 铜和吡啶硫酮锌时,幼虫死亡率与对照组无显 著差异。吡啶硫酮铜在 25  $\mu$ g/L 时,后担轮幼虫 在暴露时间为 24 h和 48 h时的死亡率均为 100%, 24 h和 48 h的 LC<sub>50</sub>分别为 8.57  $\mu$ g/L 和 5.87  $\mu$ g/L; 吡啶硫酮锌质量浓度在 50  $\mu$ g/L 时,后担轮幼虫 在 24 h和 48 h的死亡率都为 100%, 24 h和 48 h 的 LC<sub>50</sub>分别为 12.03  $\mu$ g/L 和 8.07  $\mu$ g/L(图 7 和 图 8)。



图 5 吡啶硫酮铜对华美盘管虫担轮幼虫的毒性效应 Fig. 5 Toxic effect of copper pyrithione on trochophore of





图 6 吡啶硫酮锌对华美盘管虫担轮幼虫的毒性效应





图 7 吡啶硫酮铜对华美盘管虫后担轮幼虫的毒性效应 Fig. 7 Toxic effect of copper pyrithione on metatroch of *Hydroides elegans* 

#### 3 讨论

多毛类种类繁多,分布广泛,在很多海域的底 栖生物群落中约占 30%~80%,在海洋沉积与水体之



图 8 吡啶硫酮锌对华美盘管虫后担轮幼虫的毒性效应

Fig. 8 Toxic effect of zinc pyrithione on metatroch of *Hy*droides elegans

间的物质循环和能量转换过程中起着重要作用。此 外,一些多毛类对海洋污染物较敏感,易在实验室 人工培育,因此被选为生态毒理研究和毒性检测的 被检生物<sup>[10, 20, 22]</sup>。华美盘管虫的早期生命阶段能对 重金属如汞、镉等表现出较高的敏感性<sup>[19]</sup>,其配子及 幼虫在热带和亚热带地区全年都能够获得,因此在 中国南海海洋生态毒理研究方面,华美盘管虫作为 被检生物具有一定优势。

本实验结果表明,与吡啶硫酮锌相比,吡啶硫 酮铜对华美盘管虫的早期生命阶段普遍表现出更高 的毒性。华美盘管虫精子对两种吡啶硫酮类防污剂 的毒性的敏感性高于卵子。随着暴露时间的延长,幼 虫对两种毒物的敏感性明显提高。

实验结果还表明华美盘管虫担轮幼虫阶段对吡 啶硫酮铜和吡啶硫酮锌毒性作用的敏感性显著(*P* > 0.05)高于后担轮幼虫阶段。可能随着华美盘管虫幼 虫发育逐渐成熟,对吡啶硫酮类防污剂的抗毒或解 毒能力也相应提高。

无脊椎动物对吡啶硫酮铜和吡啶硫酮锌毒性 的敏感性差异较大, 纹藤壶腺介幼虫 24 h-LC<sub>50</sub> 分 别为 11 和 29  $\mu$ g/L, 鬼手海葵 96 h-LC<sub>50</sub> 则分别为 2000 和 410  $\mu$ g/L, 日本虎斑猛水蚤 96h-LC<sub>50</sub> 分别为 30 和 170  $\mu$ g/L<sup>[17]</sup>, 相比较下, 华美盘管虫幼虫的敏感性更高。

吡啶硫酮铜和吡啶硫酮锌对华美盘管虫毒性要 高于无机重金属铜(无机铜对担轮幼虫 48 h-LC<sub>50</sub> 为 100  $\mu$ g/L, 而吡啶硫酮铜为 5.00  $\mu$ g/L)和锌(暴露于无 机锌的华美盘管虫精子和卵子的受精 IC50 分别为 945.31  $\mu$ g/L 和 2025.63  $\mu$ g/L, 远高于吡啶硫酮锌的 36.74  $\mu$ g/L 和 159.59  $\mu$ g/L)<sup>[17, 19]</sup>。

研究表明吡啶硫酮铜和吡啶硫酮锌会破坏细菌

细胞生物膜和膜两侧的 pH 梯度, 也能与细胞内的金 属离子和蛋白质结合、从而破坏细胞中 ATP 的合成。 并造成一些金属离子的缺乏<sup>[23]</sup>。此外、吡啶硫酮类防 污剂会影响无脊椎动物的一些酶体系和相关蛋白表 达. 发现暴露干吡啶硫酮铜的多齿维沙蚕(Perinereis nuntia), 在质量浓度为 20 mg/L 时, 其十六烷酰辅酶 A 活性在 3 h 内急速下降, 之后维持较低水平不变; 在质量浓度为 32 mg/L 时, 二磷酸尿核苷-葡萄糖醛 酸转移酶活性在 24 h 内先急速下降、之后缓慢降低<sup>[24]</sup>、 当吡啶硫酮锌浓度为 0.2 μmol/L 时即会引起紫贻贝 (Mytilus galloprovincialis)鳃部和消化腺热休克蛋白 过度表达,造成基因损伤<sup>[25]</sup>。相比于这些生物指标, 华美盘管虫配子和幼虫对吡啶硫酮铜和吡啶硫酮锌 具有更高的敏感性, 而且检测方法经济、简单易行、 重复性好, 在海洋生态环境评价和环境监测中具有 潜在的应用价值。

可见, 吡啶硫酮铜和吡啶硫酮锌对多种海洋生 物具有较明显的毒性作用, 对这两种吡啶硫酮类防 污剂的使用量需更加慎重。同时, 吡啶硫酮类防污剂 的作用机理以及在食物链中的传递过程都需进一步 的研究。

致谢:海南大学分析测试中心。

#### 参考文献:

- [1] 王科,肖玲,于雪艳,等.防污剂对海洋环境的影响 探讨[J].海洋与重防腐涂料与涂装,2010,25(8): 24-30.
- [2] Konstantinou I, Albanis T. Worldwide occurrence and effects of antifouling paint booster biocides in the aquatic environment: a review [J]. Environment International, 2004, 30(2): 235-248.
- [3] 王健. 船舶防污涂料的现状和发展趋势[J]. 中国涂料, 2012, 27(5): 6-10.
- [4] Maraldo K, Dahllöf I. Indirect estimation of degradation time for zinc pyrithione and copper pyrithione in seawater [J]. Marine Pollution Bulletin, 2004, 48(9): 894-901.
- [5] Harino, H. Concentrations of antifouling biocides in sediment and mussel samples collected from Otsuchi Bay, Japan [J]. Archives of environmental contamination and toxicology, 2007, 52(2): 179-188.
- [6] Harino H. Concentrations of booster biocides in

sediment and clams from Vietnam [J]. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 2006, 86(05): 1163-1170.

- [7] Chen Z F, Wang H, Qian P Y. Characterization and expression of calmodulin gene during larval settlement and metamorphosis of the polychaete *Hydroides elegans* [J]. Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol, 2012, 162(4): 113-119.
- [8] Huang Y L. Presence of acyl-homoserine lactone in subtidal biofilm and the implication in larval behavioral response in the polychaete *Hydroides elegans* [J]. Microb Ecol, 2007, 54(2): 384-392.
- [9] Shin P K. Hypoxia induces abnormal larval development and affects biofilm-larval interaction in the serpulid polychaete *Hydroides elegans* [J]. Mar Pollut Bull, 2013, 76(1-2): 291-297.
- [10] Carpizo-Ituarte, E, Hadfield M G. Stimulation of metamorphosis in the polychaete *Hydroides elegans* Haswell (Serpulidae) [J]. The Biological Bulletin, 1998, 194(1): 14-24.
- [11] Unabia C, Hadfield M. Role of bacteria in larval settlement and metamorphosis of the polychaete *Hydroides elegans* [J]. Marine Biology, 1999, 133(1): 55-64.
- [12] Nedved B T, Hadfield M G. Hydroides elegans (Annelida: Polychaeta): a model for biofouling research, in Marine and industrial biofouling [J]. Springer, 2009, 5: 203-217.
- [13] Wisely B. The development and setting of a serpulid worm, *Hydroides norvegica Gunnerus* (Polychaeta)[J]. Marine and Freshwater Research, 1958, 9(3): 351-361.
- [14] Chan V B. CO(2)-driven ocean acidification alters and weakens integrity of the calcareous tubes produced by the serpulid tubeworm, *Hydroides elegans* [J]. PLoS One, 2012, 7(8): 427-438.
- [15] Lane A C. Decreased pH does not alter metamorphosis but compromises juvenile calcification of the tube worm[J]. Mar Biol, 2013, 160(8): 1983-1993.
- [16] Zhang Y. 2D gel-based multiplexed proteomic analysis during larval development and metamorphosis of the biofouling polychaete tubeworm *Hydroides elegans* [J]. Journal of proteome research, 2010, 9(9): 4851- 4860.

- [17] Bao V W. Acute toxicities of five commonly used antifouling booster biocides to selected subtropical and cosmopolitan marine species [J]. Mar Pollut Bull, 2011, 62(5): 1147-1151.
- [18] Gopalakrishnan S, Thilagam H, Raja P V. Toxicity of heavy metals on embryogenesis and larvae of the marine sedentary polychaete *Hydroides elegans* [J]. Arch Environ Contam Toxicol, 2007, 52(2): 171-178.
- [19] Gopalakrishnan S, Thilagam H, Raja P V. Comparison of heavy metal toxicity in life stages (spermiotoxicity, egg toxicity, embryotoxicity and larval toxicity) of *Hydroides elegans* [J]. Chemosphere, 2008, 71(3): 515-528.
- [20] 周进,李新正.中国海多毛纲动物研究现状及展望[J].海洋科学,2011,6:82-89.
- [21] Gopalakrishnan S, Thilagam H, Raja P V. Toxicity of heavy metals on embryogenesis and larvae of the

marine sedentary polychaete *Hydroides elegans*. Archives of environmental contamination and toxicology, 2007, 52(2): 171-178.

- [22] 类彦立, 孙瑞平. 黄海多毛环节动物多样性及区系的 初步研究[J]. 海洋科学, 2008, 4: 40-51.
- [23] Dinning A J, Al-Adham I S I, Eastwood I M, et al. Pyrithione biocides as inhibitors of bacterial ATP synthesis[J]. Journal of Applied Microbiology. 1998, 85: 141-146.
- [24] Mochida K. Toxicity and metabolism of copper pyrithione and its degradation product, 2, 2'-dipyridyldisulfide in a marine polychaete [J]. Chemosphere, 2011, 82(3): 390-397.
- [25] Marcheselli M, Azzoni P, Mauri M. Novel antifouling agent-zinc pyrithione: Stress induction and genotoxicity to the marine mussel *Mytilus galloprovincialis*[J]. Aquatic Toxicology, 2011, 102(1): 39-47.

# Toxic effect of metal pyrithione on different early life stages of *Hydroides elegans*

## SHANG Qun<sup>1</sup>, CHEN Xin<sup>1</sup>, WANG Chao-chao<sup>2</sup>, GE Tian-yu<sup>1</sup>, CAO Rui<sup>3</sup>, ZHU Xiu-qin<sup>1</sup>, XU Li-ting<sup>1</sup>, TANG Min<sup>1</sup>

(1. Faculty of Material and Chemical Engineering, Hainan University, Haikou 570228, China; 2. College of Agricultural, Hainan University, Haikou 570228, China; 3. College of Veterinary Medicial, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Received:** Jan., 23, 2015 **Key words:** *Hydroides elegans*; copper pyrithinoe; zinc pyrithione; toxic effect

**Abstract:** This paper used *Hydroides elegans*, common polychaete in China South Sea, investigate the acute toxicity of copper pyrithione (CuPT) and zinc pyrithions (ZnPT) on its different life stages. The fertilization IC<sub>50</sub> values of sperm and egg exposed to CuPT were 19.49  $\mu$ g/L and 88.44  $\mu$ g/L, the LC<sub>50</sub> values for trochophone larvae were 7.35  $\mu$ g/L (24 h) and 5.00  $\mu$ g/L (48 h), and the LC<sub>50</sub> values for metatroch larvae were 8.57  $\mu$ g/L (24 h) and 5.87  $\mu$ g/L (48 h), respectively; while the fertilization IC<sub>50</sub> values of sperm and egg exposed to ZnPT were 36.74  $\mu$ g/L and 159.59  $\mu$ g/L, the LC<sub>50</sub> values for trochophone larvae were 8.57  $\mu$ g/L (24 h) and 6.67  $\mu$ g/L (48 h), the LC<sub>50</sub> values for metatroch larvae were 12.03  $\mu$ g/L (24 h) and 8.07  $\mu$ g/L (48 h), respectively. The results show that the sensitivity to CuPT and ZnPT is related to the life stages of *Hydroides elegans*. Compared to the inhibition rate of gametes fertilization and the toxic response of metatroch larvae, the trochophore larvae are more sensitive to CuPT and ZnPT, and the early life stages of *H. elegans* generally show a higher sensitivity to CuPT than to ZnPT.