

# 三种化学药物灭杀洋湖国家湿地公园 福寿螺的效果研究

陈露露<sup>1,2</sup>, 李旭<sup>1\*</sup>, 李波<sup>1</sup>, 谢永宏<sup>1</sup>, 张晟娟<sup>2</sup>, 钟家蓉<sup>3</sup>, 孙婷<sup>3</sup>

(1. 中国科学院亚热带农业生态研究所, 中国科学院亚热带农业生态过程重点实验室, 湖南长沙 410125;

2. 湖南农业大学资源环境学院, 湖南长沙 410128; 3. 洋湖湿地开发有限公司, 湖南长沙 410208)

**摘要:** 选用市面上常见的50%杀螺胺乙醇胺盐可湿性粉剂、6%聚醛·甲萘威颗粒剂和45%三苯基乙酸锡可湿性粉剂, 开展室内和野外福寿螺灭杀实验, 研究3种药物对福寿螺的灭杀效果, 筛选出相对安全的灭螺药物。研究表明, 施用5种浓度的50%杀螺胺乙醇胺盐悬浮剂和45%三苯基乙酸锡可湿性粉剂48 h后, 福寿螺的死亡率几乎都达到100%, 施药72 h后, 3种药物都能灭杀86%以上的福寿螺, 但是, 50%杀螺胺乙醇胺盐可湿性粉剂和45%三苯基乙酸锡可湿性粉剂的毒性较大; 有效浓度为1.8 mg/L的6%聚醛·甲萘威颗粒剂对福寿螺的触杀效果最好, 也最稳定; 在洋湖国家湿地公园静水区的浅水中, 施用有效浓度为1.8 mg/L的6%聚醛·甲萘威颗粒剂, 施药1 d后, 福寿螺的平均死亡率为70.79%, 施药3 d后, 福寿螺的平均死亡率达到最大值, 为95.54%, 施药5 d后, 福寿螺的平均死亡率仍能达到77.96%。6%聚醛·甲萘威颗粒剂是一种低毒、高效的药物, 能有效抑制湖泊浅水中福寿螺的爆发。

**关键词:** 福寿螺; 化学药剂; 药物浓度; 聚醛·甲萘威

中图分类号: TQ453; S966.28+2

文献标识码: A

文章编号: 1672-5948(2023)01-086-07

福寿螺(*Pomacea canaliculata*)又名苹果螺、大瓶螺, 隶属于软体动物门、腹足纲、中腹足目、瓶螺科(Ampullariidae)、瓶螺属(*Pomacea*), 是两栖淡水软体动物, 原产于南美洲亚马逊河流域<sup>[1]</sup>。20世纪80年代到90年代初, 福寿螺从美洲被传入中国、菲律宾、日本、韩国、印度尼西亚、马来西亚和越南等国家<sup>[2]</sup>。1981年, 福寿螺被引入中国广东省, 用于水产养殖, 但是, 因为其口味不佳和经济效益不高而遭弃养, 随后, 其扩散至中国的十几个省(直辖市、自治区)<sup>[3]</sup>。福寿螺具有适应性和抗逆性强、食性杂、繁殖极快等特点, 不仅因啃食水生植物<sup>[4-6]</sup>而使水稻和茭白(*Zizania latifolia*)等经济作物损失巨大<sup>[3,7]</sup>, 而且还是广州管圆线虫(*Angiostrongylus cantonensis*)的重要中间宿主, 也是广州管圆线虫病暴发流行的重要生物因素<sup>[8]</sup>。2002年, 福寿螺被列为全球100种恶性外来物种名录; 2003年, 中华

人民共和国农业部将其列入入侵中国的首批16种危害最大的外来物种名录<sup>[9]</sup>。

目前, 在中国南方地区, 福寿螺灾害频发。防治福寿螺的主要方法包括农业防治、生物防治、化学防治和物理防治方法<sup>[10]</sup>。化学防治方法是目前防治福寿螺的主要方法。一般是在稻田中投放四聚乙醛、杀螺胺和三苯基乙酸锡等化学药物, 通过控制投药时间和田间水量来遏制福寿螺的生长和繁殖。然而, 近年来, 福寿螺灾害已经从最初的稻田生态系统蔓延到了河流和湖泊生态系统。例如, 2020年至2021年, 福寿螺灾害在洋湖国家湿地公园大面积暴发。利用化学药剂防治河流和湖泊水体中的福寿螺, 会受到很多限制。例如, 由于无法控制河流和湖泊的水量, 从而造成因水量过大而使化学药物的药效降低, 或者因水量减少而使药量过大, 导致水体中的其它水生动物中毒死

收稿日期: 2022-05-20; 修订日期: 2022-07-22

基金项目: 国家自然科学基金项目(U21A2009)和湖南省重点研发项目(2022NK2058)资助。

作者简介: 陈露露(1997-), 女, 安徽省庐江人, 硕士研究生, 从事湿地生态学研究。E-mail: 18256924416@163.com

\*通讯作者: 李旭, 高级工程师。E-mail: lixu@isa.ac.cn

亡和用药成本过高。

本研究以洋湖国家湿地公园二期水域中的福寿螺为研究对象,利用3种常用的灭螺药物,对福寿螺进行灭杀,对比3种灭螺药物的作用,筛选出1种相对安全的灭螺药物,研究其有效的施用浓度,以期防治湖泊中的福寿螺提供参考依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 灭螺药物

选择50%杀螺胺乙醇胺盐可湿性粉剂、6%聚醛·甲萘威颗粒和45%三苯基乙酸锡可湿性粉剂作为灭杀水体中福寿螺的药物。

50%杀螺胺乙醇胺盐可湿性粉剂的生产厂家为上海沪联生物药业股份有限公司生产,用药量为70~90 g/亩;6%聚醛·甲萘威颗粒的生产厂家为山东东泰农化有限公司,用药量为600~750 g/亩;45%三苯基乙酸锡可湿性粉剂的生产厂家为浙江禾本科技股份有限公司,用药量为60~67 g/亩。

### 1.2 福寿螺活体样本采集

2021年6月至9月,在洋湖国家湿地公园的二期水域,采用了地笼诱捕方法,分两次共采集了约6000只的福寿螺活体样本,运回实验室中。

在实验室中,用去氯水饲养采集到的福寿螺样本2 d,备用。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 室内施用3种药物灭杀福寿螺的实验方法

在实验室中,采用浸螺法,灭杀福寿螺。按照水体深度为0.4 m,计算每种药物的用药浓度范围。

每种药物都设置5种施药浓度。在每种施药浓度下,做3次重复实验。以未施药的福寿螺作为对照。

首先,选取外观正常、活力较强、体型较为一致的福寿螺个体用于实验;其次,在每个规格为43cm×29.5cm×24cm的小号塑料箱中,注入15 L脱氯水,放入质量的(平均值±标准误)为(20±0.5) g的成年福寿螺30只,再放入3条活力强的泥鳅(用于测定药物对于其它水生生物的危害<sup>[11]</sup>);再其次,在(26±1) °C下,将配置好的5种浓度的药物分别放入45个小号塑料箱中,用孔径为0.8 cm的塑料网盖住所有放有福寿螺的54个小号塑料箱(其中9个箱未施药),以防止福寿螺逃走;最后,在施药后

的第24小时、第48小时和第72小时,观察并记录死螺数量,及时清理箱中的死螺,当螺体发臭、发轻、放在水中不活动时,用针尖轻戳其厣甲,厣甲不收缩,即判定该福寿螺为死螺,反之则为活螺,计算出福寿螺的死亡率。当对照箱中福寿螺的死亡率小于10%时,则实验数据视为有效。

#### 1.3.2 室内施用6%聚醛·甲萘威颗粒12 h内灭杀福寿螺的实验方法

在以上实验的基础上,以6%聚醛·甲萘威颗粒作为实验药物,将该药物的5种施用有效质量浓度分别设置为0.9 mg/L、1.2 mg/L、1.5 mg/L、1.8 mg/L和2.1mg/L,同时设置了未施药对照;将采集到的福寿螺中,挑选出状态良好、螺壳完整的福寿螺,擦干水分,利用精度为0.001 g的电子天平,称量每只福寿螺的质量,按照质量大于15 g、5g≤质量≤15g和质量小于5 g的标准,将福寿螺划分为大、中和幼福寿螺。

取大、中和幼福寿螺各1200只,大、中和幼福寿螺各分为20组,每组60只福寿螺,大、中和幼福寿螺分开放置。另取大、中和幼福寿螺各240只,大、中和幼福寿螺各分为4组,作为对照组。在每个规格为52cm×38.5cm×32cm的大号塑料箱中,注入20 L脱氯水,放入60只福寿螺。在(26±1) °C下,将配置好的5种浓度的药物分别放入60个大号塑料箱中,用塑料网盖住大号塑料箱,以防止福寿螺逃走;另外,将脱氯水放入12个大号塑料箱中,作为对照。在投放药物后的第1小时、第2小时、第3小时、第4小时、第5小时、第6小时、第8小时、第12小时,在每种施药浓度和对照的大号塑料箱中,分别取出大、中和幼福寿螺各30只,用纯净水将其清洗干净,再分别放入装有清水的小号塑料箱中,观察并记录死螺的数量,及时清理死螺,计算出福寿螺的死亡率。当对照箱中福寿螺的死亡率小于10%时,则实验数据视为有效。

#### 1.3.3 野外施药灭杀福寿螺的实验方法

2021年9月27日至2021年10月3日,在洋湖国家湿地公园内相对封闭的静水区域的3处浅水区,进行野外施药实验。每处浅水区的面积约为200 m<sup>2</sup>,平均水深为1 m,福寿螺的密度为3~6只/m<sup>2</sup>。

在3处浅水区的水体中,分别施用了药剂浓度为30 mg/L的6%聚醛·甲萘威颗粒剂(有效浓度为1.8 mg/L),总施药量为6 kg。

在施药前、后,在每处浅水区随机设定3个采样点,采用五点采样法,连续6 d,采集福寿螺样品,观察水体中福寿螺的密度和其它水生生物的生存状况。将未施用药物、福寿螺的密度为3~6只/m<sup>2</sup>的浅水区,作为对照区。

#### 1.4 数据分析

在室内实验中,福寿螺的死亡率(%)等于福寿螺的死亡数量除以供试数量再乘以100。福寿螺的校正死亡率(%)等于被施药的福寿螺的死亡数量与福寿螺的自然死亡数量之差除以(1-福寿螺的自然死亡率)再乘以100。

在野外实验中,福寿螺的虫口退减率(%)等于施药前螺基数与施药后活螺数之差除以施药前螺基数再乘以100。防治效果(%)等于施药虫口退减率与自然虫口退减率之差除以(1-自然虫口退减率)再乘以100。

利用SPSS 22.0软件,建立毒力回归方程,计算被施药的福寿螺的50%和75%致死浓度值。

采用单因素方差分析方法,比较不同药物和施药浓度对福寿螺毒杀效果的差异性。

## 2 结果与分析

### 2.1 3种药物对福寿螺的灭杀效果

由表1可知,对福寿螺施用5种浓度的45%三

苯基乙酸锡可湿性粉剂48 h后,福寿螺的死亡率都为100%;对福寿螺施用5种浓度的50%杀螺胺乙醇胺盐可湿性粉剂48 h后,在4种施药浓度下,福寿螺的死亡率都为100%;对福寿螺施用5种浓度的6%聚醛·甲萘威颗粒后,随着施药浓度的增大和施药时间的延长,福寿螺的死亡率在不断增大。施用前两种药物72 h后,泥鳅的死亡率都为100%;而施用6%聚醛·甲萘威颗粒72 h后,泥鳅未死或者死亡率很小。因此,6%聚醛·甲萘威颗粒对水体中的其它生物相对安全。

利用毒力回归方程计算被施药的福寿螺的50%和75%致死浓度,结果显示,施用45%三苯基乙酸锡可湿性粉剂24 h后,福寿螺的50%和75%致死浓度值分别为0.700 mg/L和0.844 mg/L;施用50%杀螺胺乙醇胺盐可湿性粉剂24 h后,福寿螺的50%和75%致死浓度值分别为0.899 mg/L和2.051 mg/L;施用6%聚醛·甲萘威颗粒剂24 h后,福寿螺的50%和75%致死浓度值分别为1.097 mg/L和2.178 mg/L。

### 2.2 施用6%聚醛·甲萘威1~12 h福寿螺的死亡率

由表2可知,当施用药剂浓度为30 mg/L的6%聚醛·甲萘威颗粒剂3 h时,福寿螺的死亡率明显增大,随着施药时间的延长,福寿螺的死亡率总

表1 施用3种药物1~3 d的福寿螺的死亡率和毒力回归方程

Table 1 Regression equation of mortality and mortality rates of *Pomacea canaliculata* treated with three kinds of drugs for 1- 3 days

| 药物名称            | 有效浓度<br>(mg/L) | 死亡率(%) |        |        | 施药72h泥鳅的死亡率(%) | 施药24h的毒力回归方程  |
|-----------------|----------------|--------|--------|--------|----------------|---|
|                 |                | 施药24h  | 施药48h  | 施药72h  |                |   |
| 45%三苯基乙酸锡可湿性粉剂  | 0.9000         | 75.56  | 100.00 | 100.00 | 100            | $y=47.303+32.885x$ , $y$ 为福寿螺的死亡率, $x$ 为施药浓度, $n=5$ , $R^2=0.577$ , $p=0.200$ |
|                 | 1.1025         | 78.89  | 100.00 | 100.00 | 100            |   |
|                 | 1.1250         | 92.22  | 100.00 | 100.00 | 100            |   |
|                 | 1.2375         | 87.78  | 100.00 | 100.00 | 100            |   |
|                 | 1.3500         | 90.00  | 100.00 | 100.00 | 100            |   |
| 50%杀螺胺乙醇胺盐可湿性粉剂 | 0.7500         | 38.70  | 93.30  | 100.00 | 100            | $y=28.72+18.987x$ , $y$ 为福寿螺的死亡率, $x$ 为施药浓度, $n=5$ , $R^2=0.618$ , $p=0.086$  |
|                 | 1.1250         | 52.00  | 100.00 | 100.00 | 100            |   |
|                 | 1.5000         | 56.00  | 100.00 | 100.00 | 100            |   |
|                 | 1.8750         | 78.00  | 100.00 | 100.00 | 100            |   |
|                 | 2.2500         | 61.30  | 100.00 | 100.00 | 100            |   |
| 6%聚醛·甲萘威颗粒      | 1.2            | 52.00  | 74.70  | 86.70  | 11.1           | $y=27.6+18.333x$ , $y$ 为福寿螺的死亡率, $x$ 为施药浓度, $n=5$ , $R^2=0.702$ , $p=0.200$   |
|                 | 1.5            | 52.00  | 77.30  | 89.30  | 0.0            |   |
|                 | 1.8            | 56.00  | 85.30  | 93.30  | 0.0            |   |
|                 | 2.1            | 75.00  | 84.00  | 92.00  | 11.1           |   |
|                 | 2.4            | 68.00  | 89.35  | 96.00  | 0.0            |   |

表2 施用药剂浓度为30 mg/L的6%聚醛·甲萘威1~12 h福寿螺的平均死亡率

Table 2 The average mortality rates of *Pomacea canaliculata* after application of 6% polyaldehydes carbaryl with 30 mg/L concentration for 1-12 hours

| 施药时长(h) | 平均死亡率(%)                  |                            |                            | 平均总死亡率(%)                    |
|---------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|
|         | 幼螺(<5g)                   | 中螺(5~15 g)                 | 大螺(>15g)                   |                              |
| 1       | (4.67±4.47) <sup>b</sup>  | (9.33±5.96) <sup>ab</sup>  | (18.66±9.60) <sup>a</sup>  | (10.89±2.65) <sup>cd</sup>   |
| 2       | (4.67±2.98) <sup>b</sup>  | (12.00±3.80) <sup>a</sup>  | (11.11±5.39) <sup>a</sup>  | (9.33±2.30) <sup>d</sup>     |
| 3       | (8.67±6.91) <sup>a</sup>  | (19.33±13.82) <sup>a</sup> | (20.89±6.11) <sup>a</sup>  | (16.67±7.41) <sup>bcd</sup>  |
| 4       | (10.67±8.94) <sup>a</sup> | (18.00±10.43) <sup>a</sup> | (25.93±16.51) <sup>a</sup> | (18.20±11.22) <sup>bcd</sup> |
| 5       | (13.33±7.82) <sup>a</sup> | (24.66±7.67) <sup>a</sup>  | (20.00±9.43) <sup>a</sup>  | (19.33±7.44) <sup>bc</sup>   |
| 6       | (10.67±7.23) <sup>b</sup> | (22.00±5.58) <sup>a</sup>  | (30.67±10.90) <sup>a</sup> | (21.11±5.83) <sup>b</sup>    |
| 8       | (8.67±3.80) <sup>c</sup>  | (24.67±6.05) <sup>b</sup>  | (35.87±7.21) <sup>a</sup>  | (23.07±4.65) <sup>ab</sup>   |
| 12      | (17.27±5.39) <sup>b</sup> | (34.00±12.34) <sup>a</sup> | (40.00±12.70) <sup>a</sup> | (30.45±6.92) <sup>a</sup>    |

注:表中数据为(平均值±标准误)。同行数据右上角小写字母完全不同,表示数据间差异显著( $n=10, p<0.05$ )。

体在增大;当施用6%聚醛·甲萘威颗粒12 h后,幼螺的平均死亡率为(17.27±5.39)%,中螺的平均死亡率为(34.00±12.34)%,大螺的平均死亡率为(40.00±12.70)%;6%聚醛·甲萘威颗粒对大福寿螺的灭杀效果总体上相对最好,对中福寿螺的灭杀效果次之,对幼福寿螺的灭杀效果相对最差。

当施用药物的有效浓度为1.8 mg/L时,福寿螺的死亡率总体上在不断增大,而且在第5小时、第6小时和第8小时,其都明显大于其它有效浓度下福寿螺的死亡率(表3)。

### 2.3 施用6%聚醛·甲萘威的野外浅水中福寿螺的死亡率

由表4可知,施用的6%聚醛·甲萘威颗粒剂(有效浓度为1.8 mg/L)3 d后,各施药浅水水体中福寿螺的死亡率都达到了90%以上,灭杀效果最好。施药5 d后,在施药的浅水区,观察发现,死螺

浮于水面上,但是未见到死亡的鱼类等水生生物。由此可见,6%聚醛·甲萘威颗粒剂及其用量对于其它水生生物具有安全性,故该药物可以在大面积静水区的浅水水体中使用。

施药前,浅水水体1、浅水水体2、浅水水体3和对照浅水水体中的福寿螺密度分别为4.2只/m<sup>2</sup>、4.2只/m<sup>2</sup>、5.7只/m<sup>2</sup>和3.8只/m<sup>2</sup>。施药后,浅水水体中的福寿螺密度明显减小,尤其是在施药2 d和3 d后,浅水水体中的福寿螺密度都小于1.0只/m<sup>2</sup>(表5)。

## 3 讨论

50%杀螺胺乙醇胺盐可湿性粉剂、6%聚醛·甲萘威颗粒剂和45%三苯基乙酸锡可湿性粉剂对福寿螺都有明显的灭杀作用。本研究室内实验结果表明,施用5种浓度的50%杀螺胺乙醇胺盐悬浮剂

表3 施用5种有效浓度的聚醛·甲萘威1~12 h的福寿螺死亡率

Table 3 The mortality rates of *Pomacea canaliculata* after application of 5 kinds of effective concentrations of polyaldehydes carbaryl for 1-12 hours

| 施药时长(h) | 死亡率(%)        |               |               |               |               |
|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|         | 有效浓度为0.9 mg/L | 有效浓度为1.2 mg/L | 有效浓度为1.5 mg/L | 有效浓度为1.8 mg/L | 有效浓度为2.1 mg/L |
| 1       | 14.43         | 11.11         | 12.22         | 8.89          | 7.78          |
| 2       | 11.11         | 12.22         | 7.78          | 8.89          | 6.67          |
| 3       | 25.56         | 8.89          | 11.11         | 23.33         | 14.44         |
| 4       | 23.22         | 28.89         | 5.56          | 26.67         | 6.67          |
| 5       | 11.11         | 18.89         | 24.44         | 28.89         | 13.33         |
| 6       | 17.78         | 22.22         | 21.11         | 30.00         | 14.44         |
| 8       | 18.89         | 24.33         | 25.44         | 28.89         | 17.78         |
| 12      | 32.22         | 36.67         | 25.56         | 36.67         | 21.11         |

表4 施用药剂浓度为30 mg/L的6%聚醛·甲萘威1~5 d的浅水中福寿螺的死亡率

Table 4 The mortality rates of *Pomacea canaliculata* in shallow waters after application of 6% polyaldehydes carbaryl with 30 mg/L concentration for 1-5 days

| 施药天数(d) | 死亡率(%)  |         |         |         | 平均死亡率(%)                    |
|---------|---------|---------|---------|---------|-----------------------------|
|         | 施药浅水水体1 | 施药浅水水体2 | 施药浅水水体3 | 未施药浅水水体 |                             |
| 1       | 63.81   | 72.38   | 76.19   | -0.15   | (70.79±6.34) <sup>c</sup>   |
| 2       | 84.30   | 91.74   | 94.21   | -0.21   | (90.08±5.16) <sup>ab</sup>  |
| 3       | 91.81   | 97.84   | 96.98   | -1.32   | (95.54±3.26) <sup>a</sup>   |
| 4       | 54.29   | 86.67   | 82.86   | -0.05   | (74.61±17.70) <sup>bc</sup> |
| 5       | 66.53   | 83.88   | 83.47   | -1.42   | (77.96±9.90) <sup>abc</sup> |

注:表中部分数据为(平均值±标准误)。同列数据右上角小写字母完全不同,表示数据间差异显著( $n=10, p<0.05$ )。

表5 施用药剂浓度为30 mg/L的6%聚醛·甲萘威1~5 d的浅水中福寿螺的密度

Table 5 Densities of *Pomacea canaliculata* in shallow waters after application of 6% polyaldehydes carbaryl with 30 mg/L concentration for 1-5 days

| 施药天数(d) | 密度(0.2只/m <sup>2</sup> ) |         |         |         |
|---------|--------------------------|---------|---------|---------|
|         | 施药浅水水体1                  | 施药浅水水体2 | 施药浅水水体3 | 未施药浅水水体 |
| 1       | 1.5                      | 1.3     | 1.5     | 4.0     |
| 2       | 0.8                      | 0.3     | 0.4     | 4.6     |
| 3       | 0.9                      | 0.3     | 0.4     | 8.8     |
| 4       | 2.0                      | 0.7     | 1.0     | 4.0     |
| 5       | 3.5                      | 1.7     | 2.3     | 9.2     |

和45%三苯基乙酸锡可湿性粉剂48 h后,福寿螺的死亡率几乎都达到100%(见表1)。这与在茭白田中施用50%杀螺胺乙醇胺盐悬浮剂和45%三苯基乙酸锡可湿性粉剂灭杀福寿螺的效果<sup>[12]</sup>很相似。

在本研究中,施用药剂浓度为30 mg/L的6%聚醛·甲萘威颗粒3 d后,福寿螺的平均死亡率达到95.54%,显示了该药物对福寿螺很好的灭杀效果。这与施用6%聚醛·甲萘威灭杀甘蓝蜗牛(*Bradybaena similis*)的效果(蜗牛死亡率大于90%<sup>[13]</sup>)相当。综合实验结果显示,6%聚醛·甲萘威颗粒在安全性、持续性、实用性等方面都较为突出,适用于洋湖国家湿地公园的大面积水域。6%聚醛·甲萘威颗粒遇水不易溶化,可以延长其施用时间,由于洋湖的水量较大,可以按照水体中的福寿螺密度和湖泊水量,适量增加6%聚醛·甲萘威颗粒的用量,该药物的安全间隔期为7 d,施用该药物时,可以与砂石混合后撒入水中,使药物颗粒沉入水底或者水草上,以方便福寿螺进食。

福寿螺被引入中国已经40多年,其危害了数

百万亩稻田。在中国南方,福寿螺的入侵范围不断扩张,为了保障水稻的生产和生态安全,应该加强福寿螺防控技术的研究<sup>[14]</sup>。本研究结果表明,6%聚醛·甲萘威灭杀福寿螺的效果较好,而且其毒性较低。施用甲萘威·四聚乙醛28 d后,其在菜园土壤中的残留量为0.098 mg/kg,消解率为95.12%,其在小白菜(*Brassica campestris*)植株中的消解率为100%<sup>[15]</sup>。由此可见,甲萘威在环境中消解较快,对环境和人类健康危害较小。6%聚醛·甲萘威对鱼类的毒性较低,其对于鸟类有低到中等毒性,因此,在使用6%聚醛·甲萘威时,应该注意对鸟类的保护。研究表明,甲萘威对麦瑞加拉鲮(*Cirrhinus mrigala*)的肝脏和生殖腺等都有不利影响<sup>[16]</sup>。当施药浓度为17.5 mg/L和1.88 mg/L时,甲萘威对鲶(*Silurus asotus*)和彩虹鲟鱼(*Steelhead salmon*)具有中等到高等毒性<sup>[17]</sup>。当使用灭杀福寿螺的药物时,这些药物会在水中进行光解和微生物降解等消解过程,药物残留量因此减小。因此,这些药物对流水中的鱼类不会产生直接影响。

植物源药物对福寿螺也具有较好的防治效果, 并且可以有效控制化学农药的残留量, 减少其对环境的污染。茶麸对福寿螺有明显的防治效果, 在施药后 48 h, 福寿螺的死亡率迅速达到 81.9%, 在施药后 72 h, 福寿螺的死亡率达到 91.9%<sup>[18]</sup>。巨尾桉(*Eucalyptus grandis* × *urophylla*) 树皮的乙醇提取物对福寿螺具有较强的灭杀作用, 其能够有效抑制福寿螺的离水上爬行为<sup>[19]</sup>。加拿大一枝黄花(*Solidago canadensis*) 的石油醚萃取物对福寿螺的肝脏细胞结构和生理功能具有巨大的损伤和破坏作用, 其有望能被开发成新型的天然灭螺药物<sup>[20]</sup>。除此之外, 药剂复配灭杀福寿螺也能够有效减小福寿螺的抗药性和产生增效作用, 可以为福寿螺的防治提供更高效率的轮换药剂。在每 667 m<sup>2</sup> 施用 200 g 和 300 g 的 11% 四聚乙醛·甲维盐颗粒剂条件下, 福寿螺的死亡率分别为 86.37% 和 93.46%, 11% 四聚乙醛·甲维盐颗粒剂对福寿螺的灭杀效果明显好于 6% 四聚乙醛颗粒剂<sup>[21]</sup>。当 4% 四聚乙醛与 1% 茶皂素的复配比例为 5:2 和 4:3 时, 其杀螺效果与 4% 四聚乙醛相当<sup>[22]</sup>。本研究中使用的 6% 聚醛·甲萘威为 4.5% 的四聚乙醛与 1.5% 的甲萘威复配药剂。研究表明, 施用浓度为 675 g/hm<sup>2</sup> 的 6% 聚醛·甲萘威灭杀蜗牛, 10 d 后, 蜗牛死亡率显著大于施用浓度为 800 g/hm<sup>2</sup> 的 25% 甲萘威可湿性粉剂的蜗牛死亡率<sup>[23]</sup>。

大量使用化学药物灭杀福寿螺, 不仅会污染环境, 而且会使福寿螺产生抗药性, 增加药物使用成本。在福寿螺的治理过程中, 还要保证其它水生生物的安全。因此, 使用化学药物防控福寿螺时, 注意河流和湖泊中的水流情况, 选择水流量较小的浅水区、水上浮岛或者水草较多的区域进行施药。施药时, 对操作工人进行指导和监督, 将药均匀地施撒在防治区。福寿螺死亡后, 应该及时清理水中的死螺, 防治其污染水体, 可以利用纱网进行物理阻隔。

本研究针对湖泊中的福寿螺开展防治实验, 筛选出了 6% 聚醛·甲萘威颗粒这种低毒、高效的药物, 其能清除福寿螺, 有效抑制湿地内福寿螺的爆发。虽然利用化学药物治理福寿螺见效快、效率高, 但是多数化学药物对水生生物的毒性较大, 因此, 其在实际应用中的局限性较大。根据福寿螺的生物学特性, 开发出环境友好型的灭杀福寿

螺的药物刻不容缓。

## 4 结 论

50% 杀螺胺乙醇胺盐可湿性粉剂、6% 聚醛·甲萘威颗粒剂和 45% 三苯基乙酸锡可湿性粉剂对水中的福寿螺都有显著的灭杀效果。在 3 种药物中, 6% 聚醛·甲萘威颗粒剂对于水体中其它生物的安全性相对最高。6% 聚醛·甲萘威颗粒剂是一种低毒、高效的药物, 能有效抑制湖泊浅水中福寿螺的爆发。

## 参考文献

- [1] 李小慧, 胡隐昌, 宋红梅, 等. 中国福寿螺的入侵现状及防治方法研究进展[J]. 中国农学通报, 2009, **25**(14): 229-232.
- [2] HALWART M. The golden apple snail *Pomacea canaliculata* in Asian rice farming systems: Present impact and future threat[J]. International Journal of Pest Management, 1994, **40**(2): 199-206.
- [3] 杨叶欣, 胡隐昌, 李小慧, 等. 福寿螺在中国的入侵历史、扩散规律和危害的调查分析[J]. 中国农学通报, 2010, **26**(5): 245-250.
- [4] 刘军, 何跃进, 谭济才, 等. 自然条件下福寿螺繁殖特性[J]. 应用生态学报, 2012, **23**(2): 559-565.
- [5] 潘颖瑛, 董胜张, 俞晓平. 温度胁迫对福寿螺生长、摄食及存活的影响[J]. 植物保护学报, 2008, **35**(3): 239-244.
- [6] 宋红梅, 胡隐昌, 牟希东, 等. 外来入侵生物福寿螺的生物学特性、危害与防治现状[J]. 广东农业科学, 2009(5): 106-108, 110.
- [7] 陈建明, 俞晓平, 郑许松, 等. 茭白田福寿螺的生物学特性和无害化治理技术[J]. 浙江农业学报, 2003, **15**(3): 49-55.
- [8] 刘和香, 张仪, 周晓农, 等. 不同发育期福寿螺对广州管圆线虫易感性的实验研究[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2005, **35**(5): 262-265.
- [9] 王志高, 谭济才, 刘军, 等. 福寿螺综合防治研究进展[J]. 中国农学通报, 2009, **25**(12): 201-205.
- [10] 钟锋. 我国福寿螺防治技术研究进展[J]. 世界农药, 2015, **37**(6): 21-24.
- [11] 叶建人, 冯永斌. 几种常用杀螺剂对农田主要水生生物的影响试验[J]. 现代农业科技, 2009(6): 103, 107.
- [12] 薛晶, 赵丽娅, 樊丹, 等. 不同灭螺药剂对福寿螺的药效实验[J]. 湖北大学学报(自然科学版), 2021, **43**(3): 254-257, 270.
- [13] 蔡淑华, 杨志军. 6% 聚醛·甲萘威颗粒剂防治甘蓝蜗牛药效试验[J]. 福建农业科技, 2012(7): 62-64.
- [14] 章家恩, 郭靖, 赵本良, 等. 福寿螺的全方位综合防控技术体系构建与开发利用[J]. 生态学杂志, 2019, **38**(12): 3831-3838.
- [15] 周井刚, 郭正元, 梁菁, 等. 6% 甲萘威·四聚乙醛在小白菜及土壤中残留分析方法及消解动态[J]. 农药, 2008(11): 823-825, 831.
- [16] 黄会, 刘慧慧, 王共明, 等. 氨基甲酸酯类杀虫剂的毒性、检测方法及其在水环境中残留研究进展[J]. 中国渔业质量与标准, 2016, **6**(4): 23-30.
- [17] ARUNACHALAM S, JEYALAKSHMI K, ABOOBUCKER S.

- Toxic and sublethal effects of carbaryl on a freshwater catfish, *Mystus vittatus* (Bloch)[J]. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 1980, **9**(3): 307-316.
- [18]李成. 6种药剂防治福寿螺效果试验研究[J]. 广西农学报, 2011, **26**(5): 21-24.
- [19]李晶晶, 甘金佳, 莫玲, 等. 干燥方式对尾巨桉树皮提取物总三萜含量及其杀螺活性的影响[J]. 天然产物研究与开发, 2019, **31**(9): 1641-1646.
- [20]李帅岚, 沈校, 邹嵘嵘. 加拿大一枝黄花石油醚萃取物对福寿螺肝脏的影响[J]. 中国农业科学, 2019, **52**(15): 2624-2635.
- [21]任学祥, 王士梅, 苏贤岩, 等. 甲维盐和四聚乙醛复配对福寿螺的联合毒力测定[J]. 农药, 2018, **57**(11): 855-856, 858.
- [22]苏奕人, 王友志, 陈慧健, 等. 复配四聚乙醛对福寿螺的杀灭效果[J]. 江苏农业科学, 2020, **48**(2): 113-117.
- [23]李儒海, 褚世海, 朱文达. 杀软体动物药剂防治田间蜗牛的效果[J]. 湖北农业科学, 2006(1): 76-77.

## Effect of Three Kinds of Chemicals on Extermination of *Pomacea canaliculata* in Yanghu National Wetland Park

CHEN Lulu<sup>1,2</sup>, LI Xu<sup>1</sup>, LI Bo<sup>1</sup>, XIE Yonghong<sup>1</sup>, ZHANG Shengjuan<sup>2</sup>, ZHONG Jiarong<sup>3</sup>, SUN Ting<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory of Subtropical Agroecological Processes, Institute of Subtropical Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, Hunan, P.R.China; 2. College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, Hunan, P.R.China; 3. Yanghu Wetland Development Management Company Limited, Changsha 410208, Hunan, P.R.China)

**Abstract:** The 50% niclosamide ethanolamine (wetable powder), 6% polyaldehydes carbaryl (granule) and 45% fentin acetate (wetable powder) were used respectively to conduct laboratory experiments and field experiments in the shallow water of Yanghu National Wetland Park on the killing of *Pomacea canaliculata*. The killing effect of 3 kinds of drugs were evaluated and relatively safe drug was selected. The results of laboratory experiments showed that after the application of 50% niclosamide ethanolamine and 45% fentin acetate with 5 different concentrations for 48 hours, the mortality rates of *Pomacea canaliculata* reached nearly 100%. However, the toxicity of these drugs on loach was higher than that of 6% polyaldehydes carbaryl. After 72 hours, the mortality rate of *Pomacea canaliculata* under the application of 6% polyaldehydes carbaryl reached over 86%. The 6% polyaldehydes carbaryl with 1.8 mg/L concentration has the best and most stable killing effect on *Pomacea canaliculata*. The field experiments were carried out in a still and shallow water area in Yanghu National Wetland Park. The average mortality rate of *Pomacea canaliculata* was 70.79% after the application of 1.8 mg/L 6% polyaldehydes carbaryl for 1 day. The average mortality rate of *Pomacea canaliculata* reached the maximum value of 95.54% after 3 days, and was 77.96% after 5 days. The results showed that the 6% polyaldehydes carbaryl (granule) was an efficient drug with low toxicity, which might effectively inhibit the outbreak of *Pomacea canaliculata* in shallow lakes.

**Keywords:** *Pomacea canaliculata*; chemical agent; drug concentration; polyaldehydes carbaryl