

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2023.01.011

# 2 种中草药对福寿螺的杀灭效果及对肝脏影响

王蝉娟, 陆浩磊, 赵志森, 鲁 仙, 韩浩宇, 张饮江\*

上海海洋大学海洋生态与环境学院, 上海 201306

**摘要:**【目的】有效控制福寿螺产生的危害,为实现中草药的资源化利用提供依据。【方法】以甘草、陈皮为植物源灭螺剂,进行不同浓度梯度(0、0.5、1.5、3.0、4.5、6.0 g · L<sup>-1</sup>)提取液浸泡下的灭螺活性探究。【结果】甘草组、陈皮组处理下福寿螺死亡率随时间的增长在不同浓度下毒杀效果明显。对 48 h 时福寿螺死亡率数据进行概率单位法回归分析,发现甘草组(LC<sub>25</sub>、LC<sub>50</sub>、LC<sub>75</sub>)<陈皮组(LC<sub>25</sub>、LC<sub>50</sub>、LC<sub>75</sub>),说明福寿螺对甘草更敏感。为进一步探究福寿螺死亡原因,在前期研究的基础上深入探讨甘草、陈皮提取液对福寿螺的肝脏的影响,在亚致死浓度甘草 0.511 g · L<sup>-1</sup>(LC<sub>25</sub>)、0.940 g · L<sup>-1</sup>(LC<sub>50</sub>)、1.727 g · L<sup>-1</sup>(LC<sub>75</sub>)和陈皮 3.892 g · L<sup>-1</sup>(LC<sub>25</sub>)、4.863 g · L<sup>-1</sup>(LC<sub>50</sub>)、6.076 g · L<sup>-1</sup>(LC<sub>75</sub>)处理下对福寿螺肝脏进行扫描电镜观察,结果表明,相比对照组,处理组福寿螺肝脏组织表面干瘪,失去水分,受损严重时,质地松散,表面组织脱落。【结论】2 种植物提取液均可以较好地灭杀福寿螺,且严重破坏福寿螺核心组织肝脏,甘草、陈皮可作为植物源灭螺剂进一步研究开发利用。

**关键词:** 福寿螺; 生物入侵; 中草药; 灭杀效果



开放科学标识码  
(OSID 码)

## Molluscicidal activity and liver effect of two Chinese herbal medicines on *Pomacea canaliculata*

WANG Chanjuan, LU Haolei, ZHAO Zhimiao, LU Xian, HAN Haoyu, ZHANG Yinjiang\*

College of Marine Ecology and Environment, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

**Abstract:** 【Aim】 To further effectively control the harm caused by the *Pomacea canaliculata* and provide the basis for the resource utilization of Chinese herbal medicine. 【Method】 Using licorice and tangerine peel as plant molluscicidal agents, the molluscicidal activity of licorice and tangerine peel soaked in extracts with different concentration gradients (0, 0.5, 1.5, 3.0, 4.5, and 6.0 g · L<sup>-1</sup>) was studied. 【Result】 With the change of time, the mortality of *P. canaliculata* in licorice group and orange peel group was significantly poisoned at different concentrations. The mortality data of *P. canaliculatas* at 48 hours were analyzed by probability unit regression method. It was found that the licorice group (LC<sub>25</sub>, LC<sub>50</sub>, LC<sub>75</sub>) was less than the tangerine peel group (LC<sub>25</sub>, LC<sub>50</sub>, LC<sub>75</sub>), indicating that *P. canaliculatas* were more sensitive to licorice. In order to further explore the causes of death of *P. canaliculatas*, the effects of licorice and tangerine peel extracts on the liver of *P. canaliculatas* were deeply discussed on the basis of previous studies. The sublethal concentrations of licorice 0.511 g · L<sup>-1</sup>(LC<sub>25</sub>), 0.940 g · L<sup>-1</sup>(LC<sub>50</sub>), 1.727 g · L<sup>-1</sup>(LC<sub>75</sub>) and tangerine peel 3.892 g · L<sup>-1</sup>(LC<sub>25</sub>), 4.863 g · L<sup>-1</sup>(LC<sub>50</sub>) and 6.076 g · L<sup>-1</sup>(LC<sub>75</sub>) were determined. The results showed that compared with the control group, the liver tissue surface of the treatment group was dry and lost water. When the damage was serious, the texture was loose and the surface tissue fell off. 【Conclusion】 The two plant extracts can kill *P. canaliculata* well and seriously damage the liver of the core tissue of *P. canaliculata*. Licorice and tangerine peel can be used as plant molluscicides for further research, development and utilization.

**Key words:** *Pomacea canaliculata*; biological invasion; Chinese herbal medicine; toxic effect

外来种入侵被全世界公认为是新千年人类面临最严重的生态威胁之一,在世界范围内已经造成巨大经济损失,也被认为是威胁生物多样性并导致物种消失的最主要原因之一。福寿螺 *Pomacea canaliculata* (Lamarck) 又称大瓶螺、苹果螺,最初作为美食被引入我国南方,后因味道和口感不佳,被

弃之后通过水渠河道等途径迅速扩散(周卫川, 2004)。由于其具有繁殖力强、适应性高和食性杂等特点(杨叶欣等, 2010), 导致在我国多地泛滥成灾。福寿螺不仅啃食水稻 *Oryza sativa* L.、茭白 *Zizania latifolia* (Griseb.) Stapf、菱角 *Trapa bispinosa* Roxb 等水生作物, 造成严重的农业经济损失, 且作为广州管圆线虫 *Angiostrongylus cantonensis* (Chen) 的寄主, 严重威胁人类健康。同时, 福寿螺吞食入侵地本地种、危害生物多样性与生态系统(刘新有等, 2007)。2000 年, 福寿螺被列为世界 100 种恶性外来入侵物种之一(陆庆光和于海珠, 2001)。2003 年, 福寿螺列入首批入侵中国的 16 种外来物种“黑名单”(缪绅裕和李冬梅, 2003)。

现有福寿螺防治方法包括物理法、化学法和生物法(刘阳等, 2018; 缪绅裕和李冬梅, 2003)。物理法以人工清除为主, 存在人工成本高、时效性差的缺点。化学法通过在稻田、渠道等投放药剂进行防治, 易造成环境污染。生物法一种是利用养殖鸭、鱼、蟹等动物以福寿螺为食, 该方法需控制养殖数量, 且动物粪便会污染水域环境, 另一种是利用植物源生物控制技术, 因该技术具有更高效、更经济、对非靶细胞更生态安全等优点, 成为探究防控福寿螺新方法的切入点(钱久李等, 2016)。

甘草为豆科植物甘草 *Glycyrrhiza uralensis* Fisch 干燥得到的根和根茎, 三萜皂苷类和黄酮类为其主要成分, 具有抗菌、消炎、抗肿瘤等作用(彭励和胡正海, 2005a)。潘翠翠等(2014)研究表明, 甘草提取物具有较好的抑菌效果; 李忠原等(2021)研究表明, 甘草可抑制病毒。陈皮为芸香科植物橘 *Citrus* sp. 的成熟果皮, 营养丰富, 具有促进消化、抗氧化和抗菌等功效(白瑞等, 2014a)

利用天然植物提取物杀螺具有环境友好、无残留、不易产生抗药性等优点(王蝉娟等, 2021)。目前, 针对甘草、陈皮提取物毒杀福寿螺的研究尚未见报道。本文以福寿螺为研究对象, 选取甘草、陈皮提取物为灭螺剂, 探究不同浓度甘草、陈皮提取液的灭螺活性, 并在此基础上, 通过扫描电镜方法观察提取物对福寿螺肝脏表面形态的影响, 为开发植物源农药、扩大甘草和陈皮应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

福寿螺采集于上海市书院镇田间水沟, 试验前

以小白菜 *Brassica chinensis* Linn. 喂养驯化 3 d。甘草、陈皮购于福生堂药材栈店铺, 密封干燥保存。

### 1.2 提取液制备

将购买的陈皮、甘草烘干用粉碎机(功率 1.5 kW, 容量 800 g, 转速 35000 r·min<sup>-1</sup>)粉碎成粉末, 取一定量粉末加入去氯水, 用玻璃棒搅拌均匀, 超声 30 min, 室温静置 24 h 后, 用纱布过滤 3 次得到提取液储备液, 于 4 ℃ 冰箱保存备用。

### 1.3 浸杀试验

将前期制备的储备液分别配制成浓度为 0.5、1.5、3.0、4.5 和 6.0 g·L<sup>-1</sup> 的溶液, 倒入试验容器中(塑料碗, 直径×高=17 cm×15 cm), 以去氯水作为对照组。随机挑选 10 只驯化好的福寿螺[(1.95±0.5) g]放入不同浓度的试验容器中, 室温下浸泡。为防止福寿螺爬出碗内, 用打孔的盖子盖住塑料碗。分别记录福寿螺在 24、48、72、96 和 120 h 的死亡率。采用腹水法和针刺法鉴定福寿螺死亡状况, 具体表现为福寿螺肉足外翻, 厖壳张开露出头角等部位, 且针刺刺激后不关闭厖壳, 腹足也不能收回(罗坤水等, 2009)。

$$\text{福寿螺死亡率}/\% = \frac{\text{死亡螺数}}{\text{供试螺数}} \times 100$$

### 1.4 扫描电镜观察

1.4.1 浸杀 根据前期福寿螺浸杀试验数据, 使用 SPSS 软件进行概率单位法回归分析, 计算出 LC<sub>25</sub>、LC<sub>50</sub> 和 LC<sub>75</sub> 对应的提取液浓度, 试验方法同 1.3, 随机选取福寿螺置于亚致死浓度下 48 h, 对照组置于去氯水中。

1.4.2 肝脏组织提取 从试验组和对照组随机挑选受处理严重且濒临死亡的福寿螺为待处理样本。将所有样本用去氯水冲洗干净后, 剪破螺壳, 取出肝脏组织, 用 4 ℃ 的生理盐水冲洗干净后用滤纸迅速吸干其表面水分; 切取的肝脏一部分放入充满固定液(主要成分为戊二醛)中固定 2 h, 再转移至 4 ℃ 保存。

1.4.3 扫描前处理 依次梯度(30%→50%→70%→80%→90%→95%→100%→100%)酒精脱水, 每次 15 min, 然后对样本进行干燥、喷金, 最后在扫描电子显微镜下进行观察采图。

## 2 结果与分析

### 2.1 甘草提取液处理组

福寿螺在不同浓度梯度的甘草提取液下浸泡

120 h 后其死亡情况如图 1 显示。处理 24 h 后,与对照组相比较,浓度  $4.5$ 、 $6.0\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  处理下福寿螺呈现高度响应,尤其在  $6.0\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  处理下,福寿螺死亡率达到  $100\%$ ,在低浓度处理下,福寿螺死亡情况与对照组相同,响应度为  $0$ ;相比对照组,48 h 处理下,福寿螺死亡情况与浓度梯度一一对应,越高浓度其死亡率越大,且在  $4.5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  处理下,福寿螺死亡率达到  $100\%$ ;72 h 时,除最低浓度  $0.5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  处理下,其余各组死亡率已达到  $100\%$ ;直至 120 h 时, $0.5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  处理下福寿螺死亡率无变化。总体可以看出,在不同浓度梯度甘草处理下,福寿螺死亡率浓度与时间呈正相关,且较高浓度下福寿螺对甘草有很强的敏感性。

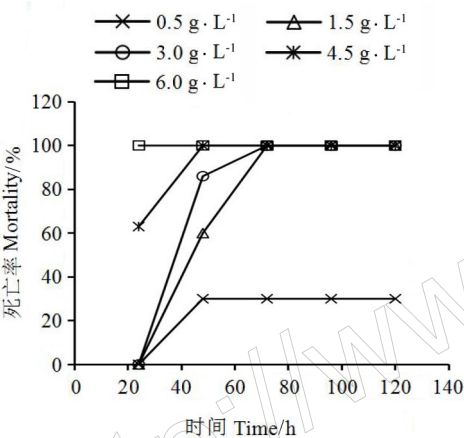


图 1 不同浓度甘草提取液处理下福寿螺死亡情况  
Fig.1 Mortality of *P. canaliculata* treated with different concentrations of licorice extract

2.2 陈皮提取液处理组

陈皮提取液下浸泡 120 h 后福寿螺死亡情况如图 2 所示。在处理 24 h 后, $3.0$  和  $6.0\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  浓度下,福寿螺死亡率达到  $10\%$  和  $20\%$ ,其他 3 组浓度梯度与对照组一样,均未发生福寿螺死亡,各组之间无明显差异;48 h 后,相比对照组,最高浓度  $6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$

处理下,福寿螺死亡大幅度增加到  $80\%$ ;其余各组无显著变化;72 h 时,与对照组相比, $3.0$ 、 $4.5$ 、 $6.0\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  3 个浓度组处理下福寿螺死亡率均达到  $100\%$ ;直至 120 h 时,低浓度  $0.5$ 、 $1.5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  与对照组相同,福寿螺死亡数均为  $0$ 。总体而言,福寿螺在不同浓度陈皮组处理下,死亡率随着浓度和时间的延长效果明显,但低浓度下福寿螺无响应。

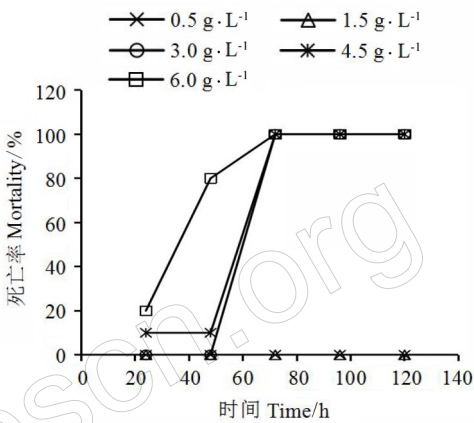


图 2 不同浓度陈皮提取液处理下福寿螺死亡情况  
Fig.2 Mortality of *P. canaliculata* treated with different concentrations of tangerine peel extract

2.3 提取物对福寿螺毒杀效果的概率单位法回归分析

通过前期测定的福寿螺在不同浓度甘草、陈皮提取液处理下其随时间和浓度死亡数情况,通过 SPSS 概率单位法回归分析得到死亡率回归方程和  $LC_{25}$ 、 $LC_{50}$ 、 $LC_{75}$ 。甘草提取液浓度分别为  $0.511\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  ( $LC_{25}$ )、 $0.940\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  ( $LC_{50}$ )、 $1.727\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  ( $LC_{75}$ );陈皮提取液浓度分别为  $3.892\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  ( $LC_{25}$ )、 $4.863\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  ( $LC_{50}$ )、 $6.076\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  ( $LC_{75}$ )。陈皮的  $LC_{25}$ 、 $LC_{50}$ 、 $LC_{75}$  对应的提取液剂量均大于甘草相应的剂量,说明相比陈皮,福寿螺对甘草更为敏感(表 1)。

表 1 提取物对福寿螺毒杀效果的概率单位法回归分析

Table 1 Probability unit regression analysis of the toxic effect of two plant extracts on *P. canaliculata*

| 提取物<br>Extract    | 回归方程<br>The regression equatio | 相关系数 $R^2$<br>Correlation coefficient | 25%致死浓度<br>$LC_{25}/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$ | 半致死浓度<br>$LC_{50}/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$ | 75%致死浓度<br>$LC_{75}/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$ |
|-------------------|--------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 甘草 Licorice       | $Y=2.552X+0.069$               | 0.933                                 | 0.511                                             | 0.940                                           | 1.727                                             |
| 陈皮 Tangerine peel | $Y=6.972X-4.789$               | 0.980                                 | 3.892                                             | 4.863                                           | 6.076                                             |

2.4 扫描电镜分析

福寿螺的肝脏位于尾部,呈螺旋状。肝脏前处理时发现,对照组福寿螺的肝脏表面完整,质地柔

软且富有弹性。对比试验组,福寿螺肝脏表面虽然完整,但容易破裂,且逐渐失去弹性。通过对福寿螺肝脏组织进行电镜扫描观察,发现未受损害的福



寿螺肝脏表面饱满光滑,结构完整清晰(图 3A);甘草处理福寿螺 48 h,在浓度  $0.511\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  处理下,其肝脏表面微干瘪状态,且有沟回出现(图 3B); $0.940\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  浓度处理下,福寿螺肝脏干瘪程度增加,部分组织开始出现糜烂现象(图 3C); $1.727\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  下,肝脏表面出现多个沟回,有裂开的现象(图 3D);陈皮组处理 48 h, $3.892\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  处理下肝脏整体稍呈萎缩

的现象,且表面组织出现小范围脱落缺损(图 3E); $4.863\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  处理下肝脏表面被大范围侵蚀,组织大面积脱落,缺损严重(图 3F); $6.076\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  处理下,肝脏严重受损,质地松散,已不成型(图 3G)。通过对不同浓度处理下福寿螺肝脏图的观察,表明在甘草、陈皮刺激下,福寿螺肝脏受损严重。

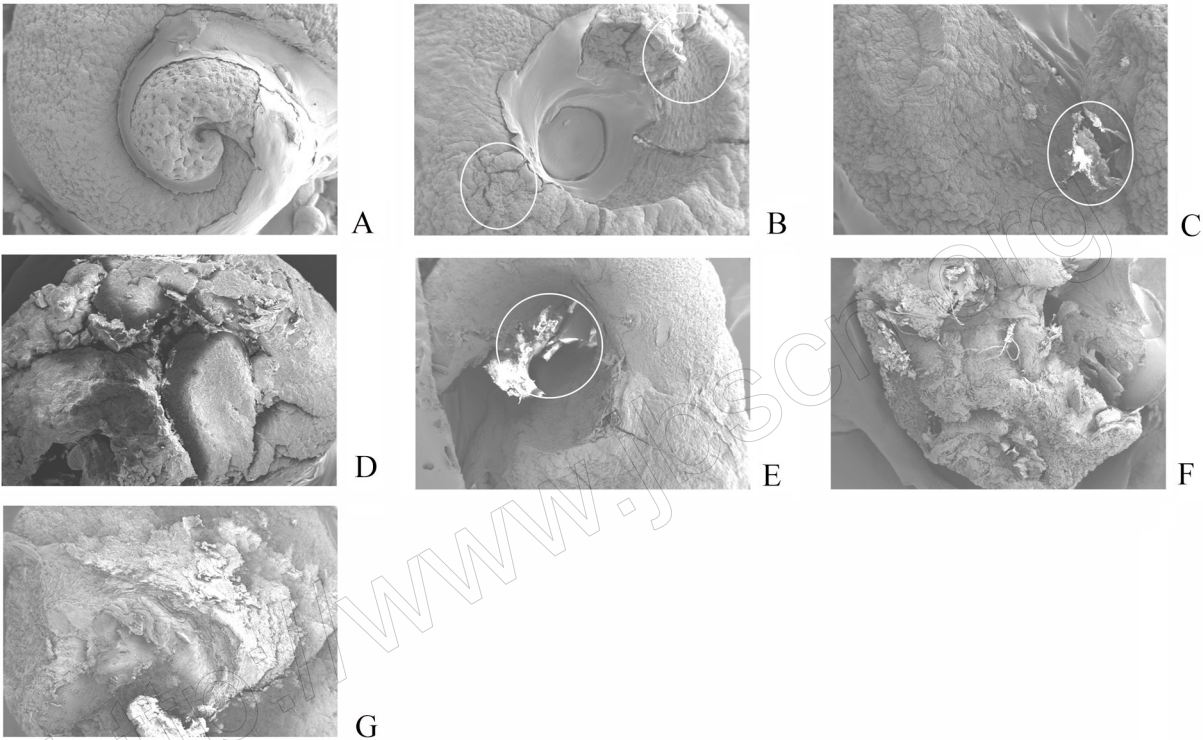


图 3 不同提取液亚致死浓度处理下福寿螺肝脏体表情况

Fig.3 Liver surface of *Pomacea canaliculata* under sublethal concentration treatment of different extracts

A: 去氯水处理(对照);B~D: 甘草亚致死浓度  $0.511$ 、 $0.940$ 、 $1.727\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  处理;  
E~G: 陈皮亚致死浓度  $3.892$ 、 $4.863$ 、 $6.076\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  处理;倍数:30X。

A: Dechlorinated water treatment (control); B~D: The sublethal concentrations of licorice were  $0.511$ ,  $0.940$  and  $1.727\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ;  
E~G: The sublethal concentrations of tangerine peel were  $3.892$ ,  $4.863$  and  $6.076\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ; Mag: 30X.

3 讨论

外来入侵物种扩散至新的栖息地后,比本地种有明显的竞争优势,能够更快适应不良的环境变化(Qian et al., 2018),逐渐成为入侵地新的优势种,破坏入侵地物种多样性结构,对原有的生态系统结构和功能产生影响。外来生物入侵加剧了资源、环境、人类健康等方面的危机(姜培燕等, 2021)。本文从“生态治理,环境友好”的角度出发,选用天然中草药甘草、陈皮,探究其在不同浓度下对福寿螺的毒杀效果,结果表明,无论是甘草组还是陈皮组处理下,随时间变化福寿螺死亡情况均呈现与浓度的正比关系。通过对福寿螺死亡情况概率单位法

回归分析结果得出,甘草组的  $LC_{25}$ 、 $LC_{50}$ 、 $LC_{75}$  均分别小于陈皮组的  $LC_{25}$ 、 $LC_{50}$ 、 $LC_{75}$ ,相比陈皮,福寿螺对甘草更为敏感,在高浓度  $6.0\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  处理下,24 h 福寿螺死亡率达到 100%。福寿螺所具有的厚螺壳是其有效抵御外界刺激、躲避敌害的重要屏障(刘晓漫, 2011)。当受到外界不良环境胁迫时,福寿螺会表现出躲避、紧闭螺厣等行为,从而躲避药物进入其体内,延缓药剂到达靶标部位的时间(李玺洋等, 2015)。所以,在甘草、陈皮提取液处理下,尤其是陈皮组 24 h 时,福寿螺死亡率很低,随着时间的增加,其死亡率大幅度增加,说明福寿螺受药物胁迫时其体内受损部位随药物和时间累积,达到一定

量时死亡。这可能是由于福寿螺本身的生态生理学特性和它面对不良环境时的行为表现所致。这与加拿大一枝黄花 *Solidago canadensis* L. 提取物处理下福寿螺死亡情况 (Shen *et al.*, 2018) 相似。

本试验中, 在不同亚致死浓度处理 48 h 后, 福寿螺肝脏表面干瘪萎缩, 失去水分。受损严重时, 出现多条沟回, 质地松散, 表面部分组织脱落。肝脏是重要的消化和解毒器官, 在动物的营养物质合成、能量转化、生长代谢中扮演着重要的角色, 但也比较敏感, 容易受到外界环境胁迫 (Chiang, 2014)。推测甘草、陈皮对福寿螺的毒杀效果很大程度是由于福寿螺的肝脏组织严重受损, 使得机体功能和代谢紊乱, 从而造成死亡。

在甘草、陈皮提取液处理下, 随着时间的变化福寿螺死亡率与浓度梯度一一对应, 呈正向关系。姜登钊和李辉敏 (2015) 认为, 甘草中含有能强烈抑制螺上爬的成分, 可能是三萜类甘草酸、甘草次酸等。由此推测甘草酸等成分有一定的灭螺效果, 但还需进一步研究确定甘草提取液中抑制福寿螺的成分。樊瑛等 (1995) 研究表明, 陈皮提取物对蚜、螨类害虫有较强的杀灭作用, 其对福寿螺的抑制作用可能是由于存在黄酮类成分, 其具体抑制机制有待进一步研究。甘草、陈皮表现出较强的灭螺活性, 上述研究成果进一步扩展了 2 种中草药的应用范围, 将为防治福寿螺提供新的新思路。

## 参考文献

白瑞, 田河, 郭东新, 2014. 中草药陈皮的作用及其在动物生产中的应用. 黑龙江畜牧兽医 (18): 102-104.

樊瑛, 丁自勉, 杨凌君, 徐丽珍, 张国珍, 李克明, 1995. 陈皮等几种柑桔皮提取物对蚜、螨类害虫杀虫活性的初步研究. 中国中药杂志, 20(7): 397-398, 446.

姜培燕, 艾尼瓦尔·阿不都瓦依提, 夏雪梅, 2021. 浅谈生物入侵危害与应对策略. 新疆农业科技 (4): 33-35.

姜登钊, 李辉敏, 2015. 甘草提取物与氯硝柳胺联合杀螺效果研究. 中国病原生物学杂志, 10(3): 277-280.

李玺洋, 牟希东, 胡隐昌, 罗建仁, 2015. 福寿螺抗药性的研究进展. [2021-11-19]. <http://www.doc88.com/p-6921568716548.html>.

李忠原, 李保宏, 刘苗苗, 杨颖, 田景振, 崔清华, 2021. 甘草对 5 种病毒的抑制作用及抗 RSV 活性部位的筛选. 中

成药: 1-8. (2021-08-13) [2021-11-19]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1368.R.2021.0813.1101.002.html>.

刘晓漫, 2011. 福寿螺不同地理种群抗药性及其生理生化差异研究. 硕士学位论文. 南宁: 广西大学.

刘新有, 史止涛, 唐艳艳, 2007. 入侵物种的防治与科学利用——以福寿螺为例. 江西农业学报, 19(3): 95-96, 103.

刘阳, 曾义玲, 索绍霞, 王乾波, 2018. 福寿螺的危害及防治方法. 农民致富之友 (15): 145.

陆庆光, 于海珠, 2001. 世界 100 种恶性外来入侵生物. 世界环境 (4): 42-43, 49.

罗坤水, 余能富, 徐林初, 邹嵘嵘, 王玉, 彭九生, 2009. 不同品种 (类型) 的乌柏叶乙醇提取物灭螺活性研究. 江西农业大学学报, 31(2): 341-344.

缪绅裕, 李冬梅, 2003. 广东外来入侵物种的生态危害与防治对策. 广州大学学报 (自然科学版), 2(5): 414-418.

潘翠翠, 郭永霞, 王丽艳, 荆瑞勇, 李薇, 2014. 甘草提取物对 5 种植物病原菌的抑菌作用. 黑龙江八一农垦大学学报, 26(3): 1-4.

彭励, 胡正海, 2005. 甘草生物学及化学成分的研究进展. 中草药 (11): 1744-1747.

钱久李, 秦俊豪, 黎华寿, 2016. 福寿螺植物源杀螺剂绿色农药的研究进展. 农药, 55(10): 707-714.

王蝉娟, 宋增福, 鲁仙, 王玲, 骆楠, 姚立农, 张饮江, 2021. 我国福寿螺入侵现状和防控研究进展. 生物安全学报, 30(3): 178-182.

杨叶欣, 胡隐昌, 李小慧, 汪学杰, 牟希东, 宋红梅, 王培欣, 刘超, 罗建仁, 2010. 福寿螺在中国的入侵历史、扩散规律和危害的调查分析. 中国农学通报, 26(5): 245-250.

周卫川, 2004. 外来入侵生物福寿螺的风险分析. 检验检疫科学 (6): 37-39.

CHIANG J, 2014. Liver physiology: metabolism and detoxification science direct//MCMANUS L M, MITCHELL R N. *Pathobiology of human disease*. San Diego: Elsevier: 1770-1782.

QIAN L, HE S, LIU X, HUANG Z, CHEN F, GUI F, 2018. Effect of elevated CO<sub>2</sub> on the interaction between invasive thrips, *frankliniella occidentalis*, and its host kidney bean, *phaseolus vulgaris*. *Pest Management Science*, 74(12): 2773-2782.

SHEN X, WANG Z, LIU L, ZOU Z, 2018. Molluscicidal activity of *Solidago canadensis* L. extracts on the snail *Pomacea canaliculata* Lam. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 149: 104-112.