

DOI: 10.5846/stxb201309092238

邢树文, 朱慧, 查广才, 吴荣浩, 陈萍, 潘瀚, 林银芳. 四种入侵植物提取液对褐云玛瑙蜗牛的防控效果. 生态学报, 2015, 35(9): 3067-3075.

Xing S W, Zhu H, Cha G C, Wu R H, Chen P, Pan H, Lin Y F. Effects of prevention and control of extracting solution from four invasive plants on *Achatina Fulica*. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(9): 3067-3075.

四种入侵植物提取液对褐云玛瑙蜗牛的防控效果

邢树文*, 朱 慧, 查广才, 吴荣浩, 陈 萍, 潘 瀚, 林银芳

韩山师范学院生物系, 潮州 521041

摘要: 实验室内观察了 4 种入侵植物水提取液对褐云玛瑙蜗牛成体和幼体的触杀及抑制蜗牛卵发育效果的差异性。结果表明: (1) 以 1.0 g/mL 薇甘菊和南美蟛蜞菊水提取液对蜗牛喷杀处理, 对蜗牛触杀的有效时间分别为 82 h 和 118 h; 马缨丹触杀蜗牛的致死时间和有效时间最慢, 4 种入侵植物水提取液对成体褐云玛瑙蜗牛触杀效果强弱顺序为: 薇甘菊 > 南美蟛蜞菊 > 五爪金龙 > 马缨丹。(2) 1.0 g/mL 的 4 种入侵植物水提取液对幼体蜗牛触杀的有效时间比成体蜗牛缩短 2 倍以上, 幼体蜗牛个体死亡数量呈急剧增加趋势, 而成体蜗牛个体死亡数量呈相对平缓的增加趋势。(3) 1.0、1.5 g/mL 及 2.0 g/mL 薇甘菊水提取液对成体蜗牛触杀效果差异显著 ($P < 0.05$)。以 2.0 g/mL 薇甘菊水提取液触杀蜗牛的有效时间最短, 与 10% 的四聚乙醛处理组相当, 为 78 h, 显著少于 1.5 g/mL 的 96 h 和 1.0 g/mL 的 130 h。(4) 褐云玛瑙蜗牛卵发育对 1.0 g/mL 的 4 种入侵植物水提取液的干扰表现更为敏感。1.0 g/mL 的薇甘菊水提取液抑制蜗牛卵发育的效果最好, 抑制率达 81.67%, 且与其它处理组间存在显著差异 ($P < 0.05$)。而 1.0 g/mL 的马缨丹提取液优于五爪金龙提取液对褐云玛瑙蜗牛卵的抑制效果则表明入侵植物内源次生成分对不同发育时期的动物的防控效果存在差异。1.0 g/mL 入侵植物水提取液各处理组对褐云玛瑙蜗牛卵发育抑制效果由强至弱的顺序为: 薇甘菊 > 南美蟛蜞菊 > 马缨丹 > 五爪金龙。总之, 4 种入侵植物对褐云玛瑙蜗牛成体、幼体和卵均具有较好的触杀与抑制作用, 利用入侵植物防控入侵动物, 以害制害, 化害为利, 是一种具有良好应用前景的环境友好型生物防治措施。

关键词: 入侵植物; 褐云玛瑙蜗牛; 防控实验; 提取液; 触杀

Effects of prevention and control of extracting solution from four invasive plants on *Achatina Fulica*

XING Shuwen*, ZHU Hui, CHA Guangcai, WU Ronghao, CHEN Ping, PAN Han, LIN Yinfang

Department of Biology, Hanshan Normal University, Chaozhou 521041, China

Abstract: Botanical pesticides have many advantages, including high efficiency, low toxicity, and environment friendliness. South China has large numbers of various invasive plants that are fast growing. Therefore, it is difficult to effectively control the proliferation and spreading of the invasive populations. It has been shown that invasive plants typically contain abundant secondary metabolites with strong physiological activities, such as terpenes, alkenes, lactones, flavonoids, and volatile oils. Adequate research on invasive plants might promote the development, controlled growth, and utilization of invasive plants as botanical pesticides, thereby converting the harm that they cause into significant economical and ecological benefits. *Achatina fulica*, which originated in East Africa, is a Class II harmful alien organism according to General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China (AQSIQ). Currently, *A. fulica* is widespread in South China and has shown strong reproductive ability and fast population diffusion, causing severe damages to vegetables and crops, as well as the natural ecosystem. In this study, we collected wild *A. fulica* and reared them in the lab. Further, the water extracts of four major invasive plants in southern China—*Mikania micrantha*,

基金项目: 广东省科技计划项目(2011B050300018); 高等学校学科建设专项资金项目[粤财政(2007)129号]

收稿日期: 2013-09-09; **网络出版日期:** 2014-08-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xsw501@126.com

Wedelia trilobata, *Ipomoea cairica*, and *Lantana camara*—were prepared and their individual contact toxicities on *A. fulica* larvae and adults and inhibiting effects on egg development were compared. The comparison results were used to evaluate the prevention and control effects of the 4 invasive plants on *A. fulica*, as part of the primary screening of snail-restricting plants. The results showed the following: (1) Spraying 1.0 g/mL water extracts of *Mikania micrantha* and *Wedelia trilobata* on *Achatina Fulica* has fastest killing effect, the snail contact killing times were 82 h and 118 h, respectively; *Lantana camara* showed the longest killing time and effective time of snail contact killing. The order of snail killing effects of the 4 invasive plant water extracts is *Mikania micrantha* > *Wedelia trilobata* > *Ipomoea cairica* > *Lantana camara*. (2) The 1.0 g/mL water extracts showed highly significant contact-killing effects on snail larvae. However, more than twice lower contact killing times of each treatment were noted on the adult snails than on the larvae. A sharp increasing trend was noted in the number of dead larvae, whereas a relatively slower increasing trend was observed for the number of dead adults. (3) The 1.0, 1.5, and 2.0 g/mL *M. micrantha* water extracts showed significantly different contact-killing effects on adult snails ($P < 0.05$), where high-concentration *M. micrantha* water extract had short contact killing time—2.0 g/mL had the shortest effective contact killing time of 78 h, which was equivalent to that of 10% metaldehyde and significantly less than the 96 h with 1.5 g/mL and 130 h with 1.0 g/mL extract. (4) The egg development of *A. fulica* was highly sensitive to 1.0 g/mL water extracts of the 4 invasive plants, among which 1.0 g/mL *M. micrantha* water extract showed the best inhibiting effect as high as 81.67% ($P < 0.05$). Further, 1.0 g/mL *L. camara* water extract showed better inhibiting effect on the eggs of *A. fulica* than of *I. cairica*, indicating that endogenous secondary compositions in the invasive plant extracts have different prevention and control effects on animals at different development stages. The order of inhibiting effects of 1.0 g/mL water extracts of the 4 invasive plants on *A. fulica* eggs in the order of the strongest to the weakest was as follows: *M. micrantha* > *W. trilobata* > *L. camara* > *I. cairica*. In conclusion, all 4 invasive plants showed good contact killing and inhibiting effects on the adult, larva, and egg of *A. fulica*. Thus, using invasive plants to prevent and control invasive animals is an environment friendly measure for biological prevention and control and has great application prospects.

Key Words: Invasive species; *Achatina fulica*; prevention and control experiment; water extract; contact killing

褐云玛瑙蜗牛 (*Achatina fulica* Bowditch) 又称非洲大蜗牛, 隶属玛瑙螺科 (*Achatinidae*) 玛瑙螺属 (*Achatina*), 原产东非沿岸桑给巴尔、奔巴岛一带, 现已知分布全世界, 在我国仅此一种, 主要分布在我国广东、广西、云南南部等地区^[1]。据 Jarrett 报道, 褐云玛瑙蜗牛于 1930 年开始在中国传播, 随后在中国北回归线以南地区大肆繁殖和扩散。褐云玛瑙蜗牛啃食十字花科蔬菜、茶叶、花卉和甘蔗的枝叶, 以及木瓜、芭蕉芋、红薯、香蕉和柑橘等果实^[2-4], 它是农林业、园艺业的间隙性害虫, 破坏园林的景观, 破坏生物多样性, 影响遗传多样性。据报道, 2013 年 9 月, 中国南宁市郊出现巨型褐云玛瑙蜗牛疯狂繁殖并对农田造成很大危害; 同年 4 月, 美国佛罗里达州成千上万的“非洲巨蜗牛”入侵。在菲律宾、印度和巴基斯坦等国家的入侵地也有蜗牛对农作物危害的相关报道^[5-6]。目前, 在农林业生产中, 主要采用化学药剂防治, 虽然防控效果较好, 但化学农药的残留, 对农林业生态环境及农产品带来明显的负面影响, 在一定程度上降低了自然生态系统的生物多样性和破坏生态平衡^[7-8]。薇甘菊 (*Mikania micrantha*)、南美蟛蜞菊 (*Wedelia trilobata*)、五爪金龙 (*Ipomoea cairica*) 及马缨丹 (*Lantana camara*) 等植物原产于中南美洲, 是粤东地区分布广泛、生长迅速及危害严重的入侵植物种类^[9-10], 对粤东地区生态环境造成严重的破坏和影响^[11-12]。入侵植物种类丰富, 生长旺盛, 取材方便, 植物体内含有挥发油、酯类及萜烯类等多种有机化学成分, 利用其有效成分可以对农林害虫进行调控, 达到以害制害, 化害为利的防控作用^[13-18]。本研究利用 4 种入侵植物水提取液对褐云玛瑙蜗牛生存、发育和繁殖进行调控试验, 分析不同入侵植物水提取液对蜗牛触杀效果及其对卵发育抑制的差异性, 为生产实践中有效控制褐云玛瑙大蜗牛对农林业的危害, 为开发植物源农药提供可靠的科学依据, 为保护农林业生态环境和生物多样性提供科学理论参考, 旨在探索对褐云玛瑙蜗牛防控的新途径^[19-22]。

1 材料与方法

1.1 供试材料

褐云玛瑙蜗牛(*Achatina fulica* Bowditch), 五爪金龙(*Ipomoea cairica*), 马缨丹(*Lantana camara*), 南美蟛蜞菊(*Wedelia trilobata*), 薇甘菊(*Mikania micrantha*)。

1.2 材料采集与准备

褐云玛瑙蜗牛的采集:2011 年 7—8 月份,在潮州滨江长廊、慧如公园和校园草坪中采集褐云玛瑙蜗牛,并调查不同生境状况(表 1)。测定不同生境土壤有机碳(采用重铬酸钾氧化—分光光度法测定)测定土壤 pH 值(采用电位法测定)。筛选健康褐云玛瑙蜗牛,并用白菜、生菜、黄瓜等蔬果饲养于阴凉处,根据调查结果(表 1),提供适宜蜗牛生长和繁殖条件:控制养殖箱温度为 25—35 ℃,湿度 60%—85%;土壤湿度在 40%左右, pH 值为 5—7。在上述条件下养殖蜗牛并使其繁殖产卵,以备挑选成体、幼体褐云玛瑙蜗牛及卵供实验之用^[23]。

入侵植物的采集地点:在惠如公园、东丽湖边采集南美蟛蜞菊;在校园周边山脚下、慧如公园路边和灌木丛中采集五爪金龙和马缨丹;在林间灌木丛中采集薇甘菊(表 1)。

入侵植物采集时间:在秋季(9 月份),选择成熟期的 4 种入侵植物,采集其地上枝干(叶)部分,充分晒干后,剪成长 2 cm 以内的小段并粉碎备用。

表 1 褐云玛瑙蜗牛采集地生态环境

Table 1 Ecological environment of sampling areas of *Achatina fulica*

采集地 Locality	生态环境 Ecological environment	有机碳 Organic carbon/ (g/kg)	pH	蜗牛数量 Number of snails/ (只/m ²)
菜地 Vegetable fields	溪边,土壤为松软湿润的砂质土,腐殖质丰富	35.76	7.31	0.38
公园 Park	土壤为较湿润的砂质土,腐殖质较少,覆盖杂草	17.99	6.45	1.42
校园 Campus	湿润黄土,腐殖质少;蔓花生(<i>Arachis duranensis</i>)草坪	7.85	5.74	0.51
江边 Riverside	黄土与砂土混合土壤,偏湿润,腐殖质较少;蔓花生草坪	16.87	7.82	0.92
薇甘菊入侵地 Invaded area of <i>Mikania micrantha</i>	溪边,砂质土松软湿润,腐殖质丰富;伴生少量杂草	30.68	7.48	—
南美蟛蜞菊入侵地 Invaded area of <i>Wedelia trilobata</i>	路边,砂质土湿润,腐殖质较丰富	23.41	7.04	0.02
五爪金龙入侵地 Invaded area of <i>Ipomoea cairica</i>	山脚和路边,砂土偏干燥;伴生杂草	14.06	5.81	—
马缨丹入侵地 Invaded area of <i>Lantana camara</i>	溪边,砂质土松软湿润,伴生杂草和台湾相思树(<i>Acacia confuse</i>)	25.44	7.05	—

—表示没有采集到标本

1.3 入侵植物水提取液的制备

用天平准确称取粉碎好的五爪金龙粉末 400 g,放置于 2000 mL 烧杯中,加 2000 mL 蒸馏水中浸泡 15 h。将入侵植物浸泡液 2000 mL 煎煮 1.5 h,过滤,并将滤液煎煮浓缩成 400 mL,即得到浓度为 1.0 g/mL 的五爪金龙水提取液。依上述方法,同样可得到浓度为 1.0 g/mL 的马缨丹、南美蟛蜞菊和薇甘菊水提取液,依据同样方法,制备 4 种入侵植物不同浓度的水提取液^[24-25]。

1.4 褐云玛瑙蜗牛死亡鉴定标准

对蜗牛喷施各处理组入侵植物提取液,每隔 6 h 检查蜗牛生命体征,把腹足深陷到体螺层内,并分泌大量粘液的褐云玛瑙蜗牛取出,放入另一容器中,喷清水 1 次/2 h,并保持湿度在 60%—80%之间,如在 6 h

后仍无生命活动特征,即可判断其死亡^[25]。

1.5 同种浓度 4 种入侵植物水提取液对褐云玛瑙蜗牛的防控作用

筛选 6—7 个螺层、活动正常、健康的成体褐云玛瑙蜗牛(螺重 (250 ± 10) g) 360 只,随机分成 6 组,每组 60 只,分别编号为 I、II、III、IV、V 和 VI,然后将其置于直径 80 cm 的塑料盆中,保持湿度 60%—80%,温度 25—35 ℃。I 为空白对照组,喷雾状清水做空白对照实验;II 为实验对照组,喷 10% 四聚乙醛(以 6% 密达颗粒剂配制)药剂溶液;III、IV、V 和 VI 分别喷浓度为马缨丹、五爪金龙、南美蟛蜞菊和薇甘菊试验组,分别喷浓度为 1.0 g/mL 各入侵植物水提取液;空白对照组喷清水 200 mL,实验组各取 200 mL 水提取液,分别装在 500 mL 喷壶里,每隔 6 h 喷雾状提取液一次,每次喷 2 mL,30 min 后观察,分别记录 24、48、72、96、120、142 h 的活动情况及死亡数量^[14]。

蜗牛的活动状况可记录为:伸展(头、腹足伸出体螺层,可见足与触角活动)、缩回(腹足缩回体螺层螺口内,但可见,不伸展;头与触角不可见)、深陷(足与头深陷体螺层内,腹足与头均不可见)3 种情况。

1.6 同种浓度 4 种入侵植物水提取液对发育期褐云玛瑙蜗牛的防控作用

筛选 3—4 个螺层、活动正常、健康的幼体褐云玛瑙蜗牛(螺重 (50 ± 10) g) 360 只,采取同样方法,观察和记录 1.0 g/mL 4 种入侵植物提取液对幼体褐云玛瑙蜗牛的毒杀效果,每个处理 3 次重复。

1.7 同浓度 4 种入侵植物水提取液对褐云玛瑙蜗牛卵的发育的影响

收集同期产出、正常无损伤的蜗牛卵 600 个,随机平均分成 I、II、III、IV 和 V 5 组。每组 120 个卵,分别置于盛有 5—6 cm 厚的土壤的大塑料盆中,并稍微覆盖少许细砂,再加盖一层湿纱布保湿,控制温度为 25—35 ℃,湿度 60%—85%。I、II、III、IV 分别为 1.0 g/mL 马缨丹、五爪金龙、南美蟛蜞菊和薇甘菊 4 种入侵植物水提取液试验组,V 为对照组,喷洒清水。每 6 h 喷 1 次,每次 2 mL,每天统计 1 次出壳数,每个处理 3 次重复。出壳率的计算公式为:卵的出壳只数/卵的总数。

1.8 不同浓度薇甘菊水提取液对褐云玛瑙蜗牛的防控作用

筛选 6—7 个螺层、活动正常的健康成体褐云玛瑙蜗牛(螺重 (250 ± 5) g) 360 只,随机分成 5 组,每组 60 只,分别编号为 I、II、III 和 IV,将其置于直径为 80 cm 的塑料盆中,保持湿度为 60%—80%,温度 25—35 ℃。I、II 和 III 分别喷 1.0、1.5、2.0 g/mL 的薇甘菊水提取液,IV 喷 10% 四聚乙醛溶液。每 6 h 喷 1 次,每次 2 mL,30 min 后观察,并分别记录 24、48、72、96、120 h 和 142 h 的活动情况及死亡数量,每个处理 3 次重复。

1.9 同浓度 4 种入侵植物水提取液对褐云玛瑙蜗牛成体和幼体触杀效果的比较

筛选成体蜗牛 240 只,每组 60 只,实验条件同上,每隔 6 h 喷洒 1.0 g/mL 4 种不同入侵植物水提取液,记录毒杀蜗牛的死亡个数;幼螺处理组设计方案与实验方法同成体蜗牛,每个处理 3 次重复。

1.10 数据处理

采用统计软件 SPSS 16.0 中的 One-way ANOVA (Duncan) 对实验结果进行组间差异性比较。

2 结果

2.1 同种浓度 4 种入侵植物水提取液对成体褐云玛瑙蜗牛的触杀效果

以 1.0 g/mL 马缨丹、五爪金龙、南美蟛蜞菊、薇甘菊入侵植物水提取液及 10% 四聚乙醛溶液处理褐云玛瑙蜗牛,分别在 72、24、24、60 h 和 60 h 开始出现死亡,清水对照处理组在 120 h 内成活率为 100%,无蜗牛死亡。以 1.0 g/mL 薇甘菊和南美蟛蜞菊水提取液对蜗牛喷杀处理,薇甘菊处理组致蜗牛出现死亡的时间为 60 h,较为缓慢,南美蟛蜞菊处理组致蜗牛出现死亡的时间为 24 h,较快,二者对蜗牛触杀的有效时间(蜗牛开始死亡至全部死亡历经的时间)分别为 82 h 和 118 h;与前者相比,马缨丹处理组蜗牛开始出现死亡的时间最慢,为 72 h^[15]。在 84—120 h 之间,4 种入侵植物水提取液均进入杀螺高峰期,并且在 84 h—108 h 期间,各处理组的触杀效果存在显著性差异($P<0.05$)。10% 四聚乙醛溶液杀螺效果在 60 h 后呈快速增加趋势,而入侵植物水提取液对蜗牛触杀效果呈缓慢增加趋势。综述实验结果表明,1.0 g/mL 薇甘菊和南美蟛蜞菊水

提取液对蜗牛的触杀效果相近,在处理 132 h 后,薇甘菊和南美蟛蜞菊水提取液对蜗牛的触杀率相继达到 100%;在处理 142 h 后,1.0 g/mL 五爪金龙和马缨丹水提取液对蜗牛的触杀率分别达到 58.67%和 33.33%,马缨丹触杀效果最差(表 2)。4 种入侵植物水提取液对成体褐云玛瑙蜗牛触杀效果强弱顺序为:薇甘菊>南美蟛蜞菊>五爪金龙>马缨丹。

表 2 1.0 g/mL 4 种入侵植物水提取液对褐云玛瑙蜗牛成体的处理效果

Table 2 The treatment effects of 1.0 g/mL water extracts of the 4 invasive plants on the adult *A. fulica*

处理时间 Treatment time/h	成体蜗牛死亡的个体数 The individual number of adult snails death/只					
	马缨丹 <i>L. camara</i>	五爪金龙 <i>I. cairica</i>	南美蟛蜞菊 <i>W. trilobata</i>	薇甘菊 <i>M. micrantha</i>	四聚乙醛 Metaldehyde	清水对照 Contrast
24	0.00±0.00c	1.67±0.58b	2.33±0.58a	0.00±0.00c	0.00±0.00c	60.00±0.00abc
48	0.00±0.00e	4.33±2.08d	4.00±1.00d	0.00±0.00e	0.00±0.00e	60.00±0.00ed
60	0.00±0.00h	9.00±3.00g	7.00±3.61g	4.00±2.65gh	23.33±2.52f	60.00±0.00hgf
72	0.67±1.16t	13.33±1.53k	13.67±2.08k	11.33±2.52k	37.33±1.53j	60.00±0.00tkj
84	10.67±2.52m	28.33±4.04x	20.00±2.00n	24.33±2.31xn	46.33±1.53z	60.00±0.00mxnz
96	17.33±2.08C	38.00±1.00B	27.00±2.00D	33.00±4.58E	53.67±2.08A	60.00±0.00ABCDE
108	22.00±1.00J	42.00±2.65H	41.33±5.03H	50.67±4.16G	59.00±1.00F	60.00±0.00GHJ
120	28.00±1.00P	51.67±1.53Q	53.67±3.51KQ	56.00±1.00KQ	60.00±0.00K	60.00±0.00PQ
142	33.33±1.53W	58.67±1.53R	60.00±0.00R	60.00±0.00R	60.00±0.00R	60.00±0.00W

采用 Duncan's multiple range test 处理方法,含有不同字母的数据表示个处理组间具有显著性差异($P<0.05$; $n=3$)

2.2 同浓度 4 种入侵植物水提取液对发育期褐云玛瑙蜗牛的触杀效果

各处理组喷杀幼体蜗牛 18 h 后,1.0 g/mL 无爪金龙和南美蟛蜞菊水提取液首先表现杀螺效果,24 h 后 4 种入侵植物水提取液均对发育期蜗牛产生强烈的触杀作用。在 24—48 h 内,薇甘菊水提取液杀螺效果与其它 3 个处理组间表现显著性差异($P<0.05$);除 1.0 g/mL 马缨丹外,其他 3 个处理组对幼体蜗牛的触杀效果与成体蜗牛处理组相比,杀螺的有效时间缩短 2 倍以上。1.0 g/mL 马缨丹水提取液对幼体褐云玛瑙蜗牛的触杀效果也有很大提高(表 3)。幼体蜗牛尚未发育完全,抗药性低,入侵植物水提取液对其有效触杀时间明显缩短^[19-22]。

表 3 1.0 g/mL 4 种入侵植物水提取液对褐云玛瑙蜗牛幼体的处理效果

Table 3 The treatment effects of 1.0 g/mL water extracts of the 4 invasive plants on the larvae *A. fulica*

处理时间 Treatment time/h	幼体蜗牛的死亡数量 The individual number of larvae snails death/只			
	马缨丹 <i>L. camara</i>	五爪金龙 <i>I. cairica</i>	南美蟛蜞菊 <i>W. trilobata</i>	薇甘菊 <i>M. micrantha</i>
18	0.00±0.00b	1.33±1.53ab	2.33±1.53a	0.00±0.00b
24	26.67±4.51d	29.33±3.51cd	30.33±2.52cd	35.67±3.06c
30	37.33±3.06f	43.33±5.69ef	39.00±5.57f	48.67±2.08e
36	41.67±2.52j	49.33±1.53h	42.33±2.31j	54.67±2.08g
42	45.00±2.00p	52.67±1.16q	50.00±2.00q	60.00±0.00k
48	50.33±2.08C	56.67±1.53B	56.33±1.16B	60.00±0.00A
54	55.67±1.53F	60.00±0.00E	60.00±0.00E	60.00±0.00E

2.3 同浓度 4 种入侵植物水提取液对褐云玛瑙蜗牛卵发育的影响

以 1.0 g/mL 4 种入侵植物水提取液处理蜗牛卵,随着处理时间的延长,各处理组累积出壳数也随之增多。处理第 2 天,4 种入侵植物水提取液对蜗牛卵发育的抑制作用呈剧增趋势,随后呈现平稳增加趋势。处理 4d 开始,薇甘菊对蜗牛卵的抑制效果与其它处理组间出现显著差异($P<0.05$)。处理第 8 天,空白对照组蜗牛卵累积出壳率为 72.78%,五爪金龙处理组蜗牛卵累积出壳率为 43.06%,卵发育抑制率只有 56.94%,南美蟛蜞菊处理组蜗牛卵累积出壳率为 25%,卵发育抑制率达 75%,薇甘菊处理组蜗牛卵累积出壳率只有

18.33%(表4),卵发育抑制率高达81.67%。从实验结果来看,1.0 g/mL 马樱丹提取液对蜗牛卵的抑制效果优于五爪金龙提取液,其原因可能是马樱丹含有的马樱丹烯 A(*Lantadene A*)及其化学组分对蜗牛卵产生了强烈的毒性效应,抑制了卵细胞的生物活性,降低了卵的出壳率。4种入侵植物水提取液抑制蜗牛卵发育效果强弱顺序为:薇甘菊>南美蟛蜞菊>马樱丹>五爪金龙。

表 4 1.0 g/mL 4 种入侵植物水提取液对褐云玛瑙蜗牛卵发育的影响

Table 4 The effects of 1.0 g/mL water extracts of the 4 invasive plants on the development of *A. fulica* eggs

处理时间 Treatment time /d	不同时间处理蜗牛卵的孵化率 Hatchability of snail eggs in Different time/%				
	马樱丹 <i>L. camara</i>	五爪金龙 <i>I. cairica</i>	南美蟛蜞菊 <i>W. trilobata</i>	薇甘菊 <i>M. micrantha</i>	清水/对照组 Water/control group
1	4.17±0.84bc	7.22±0.48b	5.83±0.84bc	3.33±0.84c	15.83±3.34a
2	14.45±2.92e	12.50±1.67ef	9.72± 0.96fg	7.22±2.10g	26.67±1.67d
3	19.72±0.96j	22.78±2.92j	12.78±1.74k	9.72±1.27k	34.45±2.92h
4	23.06±2.40q	25.00±1.67q	15.83± 1.67z	11.67±0.84p	45.28±2.68x
5	28.89±0.96G	33.06±2.40F	18.06±1.27H	14.44±0.96J	52.78±2.68E
6	33.61±1.27N	37.50±1.67L	20.55±0.48M	17.22±2.55P	62.78±2.10K
7	37.78±1.92B	40.00±1.44B	20.94± 0.68C	17.22±2.55D	70.56±1.93A
8	39.72±2.68R	43.06±2.68R	25.00±2.21S	18.33±2.50T	72.78±1.27Q

2.4 不同浓度薇甘菊水提取液对成体褐云玛瑙蜗牛的触杀效果

以1.0、1.5、2.0 g/mL的薇甘菊处理组及10%四聚乙醛实验组处理成体蜗牛,1.0 g/mL薇甘菊提取液处理组在42 h后,蜗牛开始出现死亡;而其它处理组在24 h后,蜗牛都开始出现死亡,并且在42 h后出现强烈触杀作用,蜗牛死亡数大量增加。处理78 h后,2.0 g/mL薇甘菊处理组和10%四聚乙醛处理组触杀率均达100%,1.5 g/mL薇甘菊处理组在96 h时触杀率达100%,而1.0 g/mL薇甘菊处理组在132 h时才达到100%的触杀率(图1)。由此看出,1.5、2.0 g/mL的薇甘菊水提取液对褐云玛瑙蜗牛的触杀作用发生时间较快,并由于薇甘菊水提取液的有效化学成分在蜗牛内的累积作用,对蜗牛触杀有效时间较长,产生了显著的触杀效果。

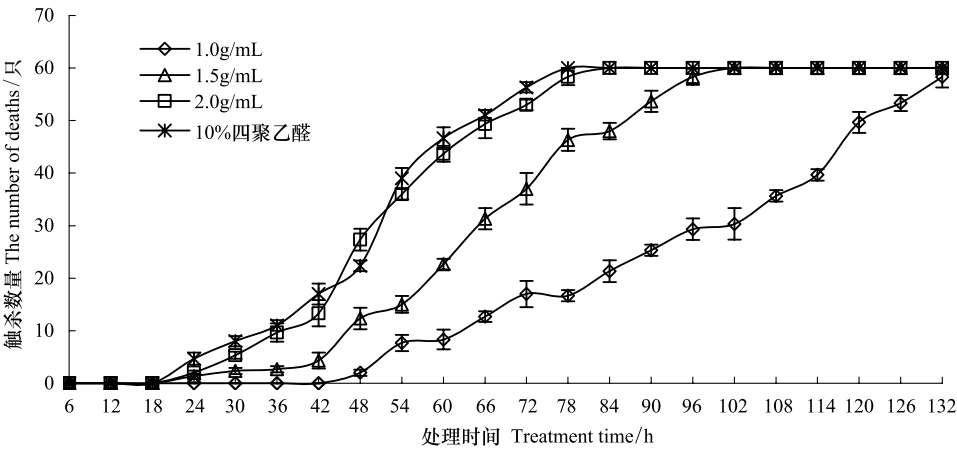


图 1 不同浓度薇甘菊对成体褐云玛瑙蜗牛的触杀效果

Fig.1 The contact-killing effects of water extracts of *Mikania micrantha* on the adult *Achatina fulica*

2.5 同浓度 4 种入侵植物水提取液对成体和幼体蜗牛毒杀效果比较

从图2中看出,在触杀有效时间内,各处理组对幼体和成体蜗牛触杀的个体数量变化特征有明显差异,幼体蜗牛个体死亡数量呈急剧增加趋势,而成体蜗牛个体死亡数量呈相对平缓的增加趋势。以1.0 g/mL五爪金龙处理组喷杀幼体蜗牛,18 h后蜗牛开始出现死亡,触杀有效时间快于其他处理组;1.0 g/mL五爪金

龙、1.0 g/mL 南美蟛蜞菊和 1.0 g/mL 薇甘菊水提取液处理幼体蜗牛全部至死的时间与成体蜗牛处理组相比,所需时间分别缩短了 60、60、48 h。1.0 g/mL 马缨丹处理组在 120 h 内对成体褐云玛瑙蜗牛的杀螺效果只有 50.55%, 而对幼体的毒杀率可达 100%(图 2)。4 种入侵植物水提取液对幼体蜗牛的杀螺效果均显著于成体蜗牛的杀螺效果, 1.0 g/mL 薇甘菊水提取液与 1.0 g/mL 五爪金龙水提取液的杀螺效果相当, 均高于其他两种处理组的杀螺效果。

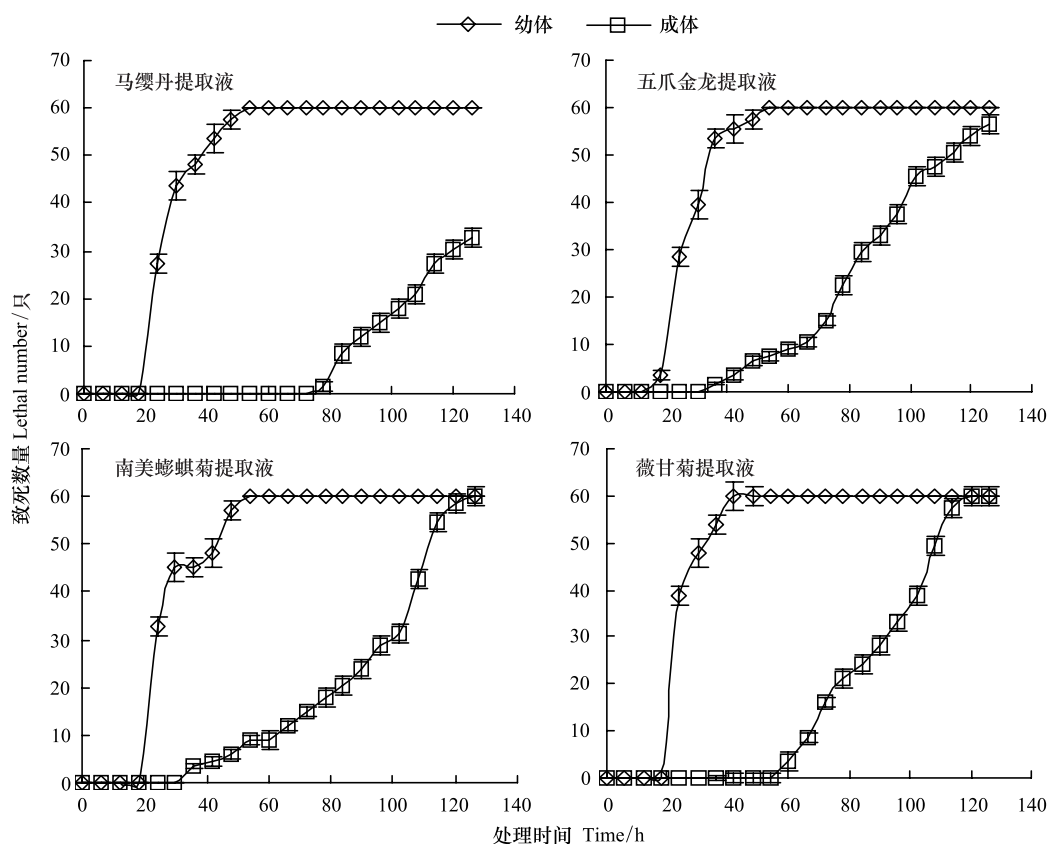


图 2 1g/mL 4 种植物提取液对褐云玛瑙蜗牛幼体和成体触杀效果比较

Fig.2 The toxic effects to the larvae and adults of *A. fulica* by the extract from 4 invasive plants with the concentration of 1g/mL

3 讨论

3.1 入侵植物水提取液对蜗牛触杀及卵发育抑制机制的分析

四聚乙醛是一种选择性很强的杀螺剂, 主要成分为 2,4,6,8-四甲基-1,3,5,7-四氧杂环辛烷, 其毒杀机制是促使螺体内乙酰胆碱酯酶大量释放, 破坏螺体内特殊的黏液, 使螺体迅速脱水, 麻痹神经, 分泌黏液和体液流失, 细胞被破坏, 从而导致螺体死亡^[26]。入侵植物的水提取物杀螺是植物体内多种化学成分协同作用的结果^[27-28]。4 种入侵植物提取物中含有的活性成分不同, 形成的组分复合物对蜗牛产生的毒性不同, 因此, 不同入侵植物水提取物对蜗牛的触杀效果存在显著差异。其中, 薇甘菊、南美蟛蜞菊和五爪金龙水提液具有较好的杀螺效果, 表明其提取物中含有的多组分复合物对蜗牛产生了较强的毒性, 而马缨丹提取物毒性较小, 对蜗牛的触杀效果较弱。幼体蜗牛尚未发育完全, 抗药性低, 入侵植物提取物对其有效毒杀时间大大缩短。胡飞等认为, 植物体内多种活性成分协同作用产生的毒性可能是植物源杀螺剂与合成化学杀螺剂的本质差异^[27]。入侵植物水提取液对蜗牛卵发育的抑制可能与提取物中多组分复合物阻断了细胞膜信号转导相关, 或者破坏相关酶的活性, 而导致 RNA 转录、DNA 复制或蛋白质合成的某一环节受阻所致^[14-15,29]。但这种推论需要对植物体内的多组分复合物协同作用机制和毒理进一步研究后证实。入侵植物水提取液对

褐云玛瑙蜗牛成体、幼体的触杀率及对其卵发育的抑制效果,表明不同入侵植物对蜗牛的防控机制上存在差异。

3.2 利用入侵植物水提取液对褐云玛瑙蜗牛“以害治害”的实践意义

野外调查显示,褐云玛瑙蜗牛主要栖息在园林绿化草地,柑橘园和茶园也常见,由于该地区菜地面积小,人工管理等干扰,菜地中偶见单螺层的幼体蜗牛。在南非蜚蠊菊入侵地偶见蜗牛栖息,在其它3种植物的入侵地或枝叶上未发现褐云玛瑙蜗牛栖息,这说明褐云玛瑙蜗牛对4种入侵植物具有一定忌避或拒食作用^[14-15,25,28]。入侵植物在粤东地区分布广泛,生长旺盛,资源丰富,取材方便,在化学防除措施不成熟的情况下,通过刈割,可以有效地控制入侵植物的繁殖和生长,减少其对入侵地生态系统的破坏,从而保护生态环境。入侵植物水提取物制备方法简单,操作容易,成本低廉,亦可通过浓缩水提液得到浸膏,进一步分离浸膏获得其杀螺的有效化学成分^[30]。因此,利用入侵植物提取液对褐云玛瑙蜗牛进行防控,可以达到“以害制害,化害为利”的效果,具有明显的生态与经济效益。

3.3 入侵植物在农林业害虫防治中的开发潜力

本研究的结果是在无自然条件干扰的实验室中取得的,但在实践应用中,利用入侵植物水提取液防控蜗牛则有它的局限性。由于受自然环境条件的影响,入侵植物水提取液使用的可操作性与效果的稳定性不及农药。比如,提取液容易挥发,土壤对提取液中有效成分的吸收,蜗牛触碰到药剂后产生的防御行为^[27],如闭厣、逃避等,导致其防控效果比化学防治效果差。事实上,即使化学防治也不能达到100%的毒杀效果。所以,利用入侵植物水提取液防控蜗牛,应该根据蜗牛的分布、数量、繁殖期、成熟期及其危害程度的具体情况灵活运用,如把植物水提取液通过浓缩制成浸膏,与常用的杀螺剂按一定比例配制进行防治,既能减少化学药物对自然生境的污染,又能达到有效的防控效果^[31-34]。综合曾玉坤^[25]、胡飞等^[27]及本研究结果来看,薇甘菊、五爪金龙和南美蜚蠊菊杀螺效果较好,具开发植物源杀螺剂的潜力,是最有可能成为植物源杀螺剂的材料,在防控蜗牛危害方面具有可观的应用前景。

4 结论

入侵植物水提取物对褐云玛瑙蜗牛成体、幼体具有很好的毒杀效果,对蜗牛卵的发育具有显著的抑制作用,并随其水提取液的浓度增加,其杀螺效果增强。入侵植物薇甘菊、五爪金龙和南美蜚蠊菊在农林防治治理中,对保护农、林业生态环境意义重大,具有极大应用价值,其开发潜力需要深入研究。

参考文献(References):

- [1] 陈德牛,张卫红.外来物种褐云玛瑙螺(非洲大蜗牛).生物学通报,2004,39(6):15-16.
- [2] 黄世水,曾繁海,古谨,梁凤娇.非洲大蜗牛的传播方式与防止对策初探.植物检疫,1998,12(4):223-225.
- [3] 李人柯,曾志雄,黄长安,古芳芳,程玉莲.螺蛳防治水稻福寿螺药效试验.广东农业科学,2002,(3):37-38.
- [4] 李承龄,温山鸿.贝螺杀对大瓶螺的药效试验.华南农业大学学报,1994,15(3):61-64.
- [5] Singh O, Agarwal R A. Toxicity of certain pesticides to two economic species of snails in Northern India. Journal of Economic Entomology, 1981, 74(5):568-571.
- [6] Radwan M A, El-Zemity S R. Naturally occurring compounds for control of harmful snails. Pakistan Journal of Zoology, 2007, 39(5):339-344.
- [7] 李萍,李燕.云南省非洲大蜗牛发生及防治研究.云南大学学报:自然科学版,2008,30(S1):203-205.
- [8] 李萍,黄新动,李燕,李文跃,黄汉培,杨秀兰.非洲大蜗牛在云南的发生规律及防治方法.植物检疫,2008,22(3):189-190.
- [9] 朱慧,马瑞君.入侵植物五爪金龙生物学特性研究.生态科学,2006,25(6):517-520,525-525.
- [10] 王朋,梁文举,孔垂华,姜勇,张茂新,张朝贤.外来杂草入侵的化学机制.应用生态学报,2004,15(4):707-711.
- [11] 史刚荣,马成仓.外来植物成功入侵的生物学特征.应用生态学报,2006,17(4):727-732.
- [12] 曾宪锋,林晓单,邱贺媛,庄雪影.粤东地区外来入侵植物的调查研究.福建林业科技,2009,36(2):174-179,249-249.
- [13] 许少嫦,高亿波,林绪平,刘建锋,余海滨,梁玮莎.广东薇甘菊发生现状、防治和研究进展.广东林业科技,2013,29(4):83-89.
- [14] 成家宁,陈炳旭,曾鑫年,董易之,陆恒,徐淑.14种植物乙醇提取物对荔枝粗胫翠尺蛾成虫产卵和幼虫取食的影响.果树学报,2011,28(2):290-295.

- [15] 章玉苹, 黄炳球, 陈霞, 吴优利. 9 种菊科植物提取物对蔬菜 3 种害虫拒食活性的研究. 中国蔬菜, 2000, (5): 16-19.
- [16] 赵冬香, 高景林, 徐汉虹. 鱼藤根提取物对假眼小绿叶蝉的防治. 热带作物学报, 2005, 26(4): 86-89.
- [17] 赵辉, 张茂新, 凌冰, 张世军, 丛斌, 梁广文. 非寄主植物挥发油对黄曲条跳甲成虫嗅觉、取食及产卵行为的影响. 华南农业大学学报, 2003, 24(2): 38-40.
- [18] 张茂新, 凌冰, 孔垂华. 薇甘菊挥发油的化学成分及其对昆虫的生物活性. 应用生态学报, 2003, 14(1): 93-96.
- [19] Sallam A, El-Wakeil N. Biological and Ecological Studies on land Snails and their control // S Soloneski. Agricultural and Biological Sciences: Integrated Pest Management and Pest Control-Current and Future Tactics. Rijeka, Croatia; InTech Europe, University Campus STeP Ri Slavka Krautzeka, 2012: 413-444.
- [20] Singh A, Agarwal R A. Possibility of using latex of *Euphorbiales* for snail control. Science of the Total Environment, 1988, 77(2/3): 231-236.
- [21] Smith B S. Male characteristics on female mud snails caused by antifouling bottom paints. Journal of Applied Toxicology, 1981, 1(1): 22-25.
- [22] Halwart M. The golden apple snail *Pomacea canaliculata* in Asian rice farming systems: Present impact and future threat. International Journal of Pest Management, 1994, 40(2): 199-206.
- [23] 周卫川. 非洲大蜗牛种群生物学研究. 植物保护, 2006, 32(2): 86-88.
- [24] Santos J A A, Tomassini T C B, Xavier D C D, Ribeiro I M, Da Silva M T G, Morais-Filho Z B. Molluscicidal activity of *Physalis angulata* L extracts and fractions on *Biomphalaria tenagophila* (d'Orbigny, 1835) under laboratory conditions. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 2003, 98(3): 425-428.
- [25] 曾坤玉, 胡飞, 陈玉芬, 陈建军, 孔垂华. 四种与福寿螺 (*Ampullaria gigas*) 同源地入侵植物的杀螺效果. 生态学报, 2008, 28(1): 260-266.
- [26] Booth I H, Fisher P, Heppelthwaite V, Eason C T. Toxicity and residues of brodifacoum in snails and earthworms // DOC Science Internal Series 143. Wellington, New Zealand: Department of Conservation, 2003: 5-14.
- [27] 胡飞, 曾坤玉, 张俊彦, 陈建军, 唐湘如. 五爪金龙乙醇提取物对福寿螺毒杀和水稻苗生长的影响. 生态学报, 2009, 29(10): 5471-5477.
- [28] 董红霞, 王敬淑, 刘光华, 凌冰. 植物次生化合物在害虫防治中的作用. 仲恺农业技术学院学报, 2005, 18(2): 65-71.
- [29] 岑伊静, 庞雄飞, 张茂新, 邓桥胜, 杜育映, 王标. 26 种非嗜食植物乙醇提取物对柑桔潜叶蛾的产卵驱避作用. 华南农业大学学报, 2003, 24(3): 27-29.
- [30] 吕寒, 陈剑, 李维林, 张涵庆. 枇杷叶中三萜类化学成分的研究. 中药材, 2008, 31(9): 1351-1354.
- [31] 邢树文. 4 种入侵植物水提液对假眼小绿叶蝉的防治效果. 广东农业科学, 2013, 40(6): 88-90.
- [32] 宋景云, 于杰, 孙庆宝, 赵剑峰. 大果大戟浸膏对麦蚜等农林害虫的喷雾毒力测定. 中国森林病虫, 2007, 26(3): 42-43.
- [33] 李贵明, 孙德莹, 王佳建. 应用蓖麻浸膏与万寿菊浸膏防治大豆孢囊线虫试验初探. 新农村, 2011, (5): 76-76, 139-139.
- [34] 骆悦, 曾鑫年, 居建华, 张帅, 吴素贞. 40 种植物甲醇提取物的杀螺活性研究. 植物保护, 2005, 31(1): 31-34.