

四种与福寿螺 (*Ampullaria gigas*) 同源地 入侵植物的杀螺效果

曾坤玉¹, 胡 飞^{1,*}, 陈玉芬², 陈建军³, 孔垂华¹

(1. 华南农业大学农学院, 广州 510642; 2. 华南农业大学实验中心, 广州 510642; 3. 广东省农业厅农村信息中心, 广州 510500)

摘要: 实验室内观察了福寿螺在其主要危害对象水稻, 及与其同源地的入侵植物五爪金龙、马缨丹、胜红蓟和蜆蛄菊 5 种植物新鲜叶片间聚集数量差异, 结果显示: 15min 后福寿螺在距离其约 75cm 的 5 种植物叶片聚集数产生了显著的差异, 但 75min 内福寿螺在 5 种植物叶片间聚集的数量不稳定, 75min 后的聚集数趋于稳定, 5 种植物叶片上聚集福寿螺数由多到少顺序为蜆蛄菊、马缨丹、水稻、胜红蓟和五爪金龙。福寿螺取食水稻幼苗的量较大, 显著高于取食另 4 种植物新鲜叶片的量, 福寿螺取食 4 种与其同源地植物叶片量由小到大的顺序为: 五爪金龙、蜆蛄菊、胜红蓟和马缨丹。不同浓度 4 种植物乙醇提取物水溶液对福寿螺毒杀作用差异显著, 乙醇提取物饱和水溶液致福寿螺 100% 死亡的时间由短到长的顺序为: 五爪金龙 48h, 蜆蛄菊 72h, 胜红蓟和马缨丹均为 96h, 按常规施用量化学农药密达 100% 毒杀福寿螺的时间为 118h。综合结果表明五爪金龙具有开发出既能有效防治福寿螺又不影响水稻生长和稻田环境材料的潜力。

关键词: 福寿螺; 入侵植物; 取食; 乙醇提取物; 毒杀

文章编号: 1000-0933(2008)01-0260-07 中图分类号: Q143, Q958.12+2.5, S435.112+.9 文献标识码: A

Effects of four invasive plants with the same origin area of *Ampullaria gigas* (golden snail) on its behaviors and killing activity

ZENG Kun-Yu¹, HU Fei^{1,*}, CHEN Yu-Fen², CHEN Jian-Jun³, KONG Chui-Hua¹

1 College of Agriculture, South China Agricultural University Guangzhou 510642, China

2 Instrumental Analysis and Research Center, South China Agricultural University Guangzhou 510642, China

3 Information Center of Rural District, Agricultural Department of Guangdong Province Guangzhou 510500, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(1): 0260 ~ 0266.

Abstract: In order to assess effects of 4 invasive plants, namely, *Ipomoea cairica*, *Lantana camara*, *Ageratum conyzoides*, and *Wedelia trilobata* from the same origin area of golden snail (IPSOAGS) on its behavior and killing activity, the golden snails congregating number (GSCN) and eating weight among the fresh leaves of 4 IPSOAGS and 3—4 leaf stage *Oryza sativa* (rice) seedlings were investigated. GSCN among 4 selected IPSOAGS and rice seedlings showed significant differences in the distance about 75cm after 15 mins, but the GSCN were stable after 75 mins, and the GSCN from larger to small were *W. trilobata*, *L. camara*, rice, *A. conyzoides*, and *I. cairica*. Golden snail eating weight of rice seedling was significantly higher than that of 4 IPSOAGS leaves, and the golden snail eating weight from small to large were rice, *I.*

基金项目: 广东省农业标准化资助项目

收稿日期: 2007-07-04; 修订日期: 2007-10-30

作者简介: 曾坤玉 (1981 ~), 女, 广东河源人, 硕士生, 主要从事作物生理生态学研究. E-mail: zengkuny05@163.com

通讯作者 Corresponding author. E-mail: hufei@scau.edu.cn

致谢: 2005 级本科生马柱文、朱振飞、陈英敏和黄嘉欣同学参与了部分调查工作。

Foundation item: This work was financially supported by Agricultural Standardization Project of Department of Agriculture, Guangdong Province

Received date: 2007-07-04; **Accepted date:** 2007-10-30

Biography: ZENG Kun-Yu, Master candidate, mainly engaged in crop eco-physiology. E-mail: zengkuny05@163.com

cairica, *W. trilobata* A. *conyzoides*, and *L. camara*. Different concentrations of water solution of 4 IPSOAGS leaf ethanol extracts showed significantly different killing effects on golden snail. The time length of 100% killing golden snail with saturated water solutions of ethanol extracts from short to long were *I. cairica* (48h), *W. trilobata* (72h), and both *A. conyzoides* and *L. camara* were the same (96h), compared the Meta with 0.30 g·L⁻¹ was 118h. It can be concluded that *I. cairica* has potentials to develop a material both controlling golden snail and environmental friendly in rice production.

Key Words: *Ampullaria gigas*; invasive plants; ethanol extracts; killing active

福寿螺(*Ampullaria gigas* Spix)原产于南美洲亚马逊河流域,软体动物门腹足纲前鳃亚纲腹足目瓶螺科瓶螺属。福寿螺在20世纪80年代被引入亚洲的许多国家^[1~3](包括菲律宾、越南、泰国和中国的台湾及广东省),其繁殖力极强,每只雌螺平均每年可孵幼螺32.5万只,生长速度很快^[3],在我国30°N以南的省份均有发生危害报道^[3,4]。1991年在广东就已有66.7万hm²稻田受福寿螺危害,其主要通过咬断水稻幼茎,造成少苗或缺苗,导致减产^[1]。福寿螺食量大,食性杂,不但为害水稻,而且危害蔬菜及其他水生作物^[6~8],虽然生产实践中主要采用化学药剂进行防治(如五氯酚钠、贝螺杀、密达、梅塔和百螺敌等),防控效果较好^[9~11],但使用化学农药的对农业生产及生态环境的负面影响日益突出。为了克服化学防控福寿螺的不足,国内外都相继进行利用天敌等控制福寿螺的研究^[12~17],现阶段这些措施有以下不足:①许多天敌施释放时机不易控制,②控制效果不稳定,③对水稻生长产生不利影响,④天敌不能及时获得等。因此,水稻生产中环境友好的防治福寿螺技术措施仍需完善。五爪金龙(*Ipomoea cairica*)、马缨丹(*Lantana camara*)、胜红蓟(*Ageratum conyzoides*)和蜆蜞菊(*Wedelia trilobata*)原产于中南美,和福寿螺原产地相近,均是已在华南地区广泛分布的入侵植物,已对华南地区的生态系统构成了严重的损害^[18]。福寿螺在原产地没有发生危害和取食上述4种植物的报道。本研究分析这4种入侵植物是否对福寿螺具有毒杀或抑制取食作用,以及这些作用差异,为水稻生产中环境友好的有效控制福寿螺提供新途径。

1 材料与方法

1.1 供试材料

福寿螺(*Ampullaria gigas* Spix),五爪金龙(*Ipomoea cairica*),马缨丹(*Lantana camara*),胜红蓟(*Ageratum conyzoids*),蜆蜞菊(*Wedelia trilobata*),水稻(*Oryza sativa*)幼苗。

1.2 材料的采集方法

在华南农业大学教学实习农场稻田和水沟边,挑选大小基本一致、活动正常的福寿螺,选择其中2~3旋中幼螺(螺重 0.67 ± 0.21 g)清水冲洗3次,放于实验室内24h不喂食,供试验使用。

在华南农业大学校园内(2005年5月至6月)采集五爪金龙、马缨丹、胜红蓟和蜆蜞菊4种植物健康植株地上部(马缨丹只采集叶片),剪成长<2cm的碎段,充分晾干后,用乙醇浸泡提取3次,旋转蒸馏,浓缩,合并3次浓缩物,分别得五爪金龙、马缨丹、胜红蓟和蜆蜞菊4种植物乙醇提取物,装瓶、封口,置冰箱备用。

1.3 福寿螺在4种与其同原产地植物和水稻间聚集数试验

在 $\phi 150$ cm的塑料盆下部垫上湿润的深灰色毛巾,在盆的中部放置装有90颗福寿螺 $\phi 20$ cm的培养皿,在盆边缘5等分点处分别放置五爪金龙、马缨丹、胜红蓟和蜆蜞菊新鲜叶片和3~4叶期水稻苗各10 g,每15min观测福寿螺在5种植物叶片周围聚集的数量(指接触到叶片或潜入叶片下部螺的总数),没有接触到任何叶片福寿螺的数计为NTAL(not tendering any leaves),共观测145 mins。共3盆计为3个重复。

1.4 福寿螺选择性取食实验

分别用五爪金龙、马缨丹、胜红蓟和蜆蜞菊的新鲜叶片和3~4叶期水稻苗饲喂福寿螺。将福寿螺10颗和上述植物材料5.0g同时放于15cm×15cm×4.5cm塑料方盆中,盆中水深1.5cm,每24h定换新鲜植物材料和换水,用天平(精度为0.01g)称得量福寿螺取食24后植物材料的残留量,将放样量减去残留量分别得到

各处理福寿螺 24h 内对上述植物材料的取食量。实验期间室温为 25 ~ 30℃, 每处理设 3 重复。

1.5 与福寿螺同源植物乙醇提取物室内毒杀福寿螺试验

将 4 种植物乙醇提取物除去乙醚相后, 分别用蒸馏水溶解得到各自饱和水溶液: 即五爪金龙提取物的浓度为 $6.00\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, 马缨丹提取物的浓度为 $5.20\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, 胜红蓟提取物浓度为 $9.60\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, 蟛蜞菊提取物的浓度为 $2.00\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。用蒸馏水将配制的饱和溶液稀释成 50% 和 10% 两个浓度, 分别在 500ml 塑料杯内盛 200ml 溶液, 每杯放入 15 个 2 ~ 3 旋的福寿螺, 均不喂食, 杯口用纱布封口防其逃逸。每隔 24h 检查各杯福寿螺死亡数量, 并计算相应时间不同处理福寿螺的死亡率(共观测 118 h)。以上实验设水为空白对照, 并设常用化学杀螺农药密达(按田间常规使用量换算浓度为 $0.30\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, 有效化学成分: 2,4,6,8-四甲基-1,3,5,7-四氧杂环辛烷)做毒杀对照, 实验期间温度为 24 ~ 28℃, 设 3 个重复。

1.6 福寿螺死活鉴定标准

参考 Santos 等^[12,19]方法, 福寿螺置于培养液后, 每隔 24h, 取出各处理中的怀疑死螺, 分别放入清水中, 浮于水面或悬浮于水中对外界刺激已无反应者为死螺, 沉于水底者且开扉活动的为活螺(有腐肉已离壳沉底也是死螺)。

1.7 数据处理与分析

采用 Excel 和 SPSS10.0 对数据进行整理和分析。

2 结果与分析

2.1 福寿螺对 4 种与其同源地入侵植物叶片及水稻幼苗趋向性

图 1 结果表明, 福寿螺在停止喂饲 24h 后, 能迅速向可能的食物方向运动, 在 15 min 后就能对距离其约 75cm 的水稻幼苗、五爪金龙、马缨丹、胜红蓟和蟛蜞菊新鲜叶片做出选择。15mins 后福寿螺在 5 种植物叶片聚集由多到少的顺序是: 蟛蜞菊、马缨丹、水稻苗、胜红蓟和五爪金龙。在 75 min 前福寿螺的在 6 种植物间聚集的数量不稳定, 是其对 6 种可能选择的尝试期, 在这段时间内, 福寿螺在水稻和蟛蜞菊叶片上聚集的数量较稳定, 而在五爪金龙、胜红蓟和马缨丹叶片上聚集的数量较少, 马缨丹叶片上聚集螺的数量下降, 虽然五爪金龙叶片聚集数上升, 但总数仍最少。

75mins 后福寿螺在 6 种可能选择中的数量趋于稳定, 有 15 颗福寿螺对 5 种可能植物叶片均不选择(图 1)。此时, 福寿螺在 6 种可能的选择上数量大小的顺序为与 15 mins 后在 5 种植物材料上的聚集顺序一致。在蟛蜞菊和马缨丹叶片上聚集螺的数量比水稻和 NTAL

要大, 表明福寿螺偏向于在这 2 种植物叶片上聚集, 而在胜红蓟和五爪金龙上聚集螺的数量极少, 都在 10 个以下, 表明福寿螺拒绝在这 2 种植物叶片上聚集。75min 后在水稻叶片聚集与 NTAL 福寿螺数量之间没有达到显著差异, 福寿螺在其它植物叶片上聚集的数量均达到极显著差异($p < 0.01$)。

2.2 福寿螺对与其 4 种同源地植物和水稻取食量

图 2 表明, 福寿螺取食水稻幼苗的量较大, 随喂饲时间的延长, 取食量减少。福寿螺对五爪金龙、蟛蜞菊、胜红蓟、马缨丹等 4 种植物新鲜叶片的取食量极少, 连续 6d 几乎不取食五爪金龙, 对蟛蜞菊、胜红蓟和马缨丹的取食量随时间的延长有所增, 但取食量仍很小。喂食的前 4d 福寿螺取食五爪金龙、蟛蜞菊、胜红蓟和马缨丹量与取食水稻幼苗的量相比差异均达极显著($p < 0.01$), 而饲喂到 5 ~ 6d 福寿螺取食水稻的量迅速下降,

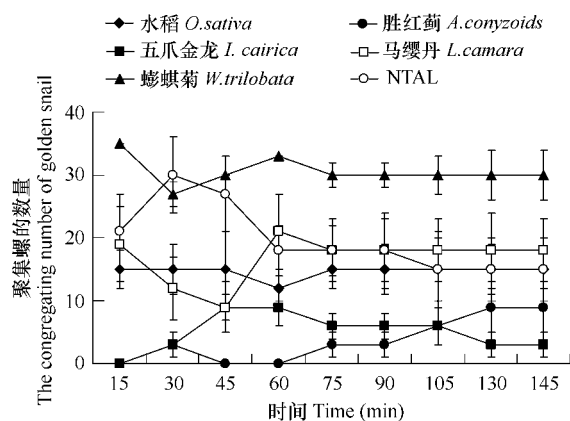


图 1 福寿螺在 4 种与其同源地入侵植物叶片及水稻幼苗上的聚集数量的差异

Fig. 1 The differences of congregating number of golden snail on fresh leaves among 4 invasive plants with the same origin area of it and rice seedling

平均值 $\pm$ SE, mean $\pm$ SE, $n = 3$

其取食蜆蛄菊、胜红蓟和马缨丹的量有所上升,取食马缨丹和胜红蓟的量甚至超过了取食水稻的量,但其对五爪金龙鲜叶采食量仍极少。将喂饲 6d 蜆蛄菊、胜红蓟和马缨丹的福寿螺放在清水中 2d 后,福寿螺均开始出现死亡现象。

2.3 福寿螺同源地 4 种植物提取物杀螺效果

表 1 显示,4 种福寿螺同源的植物乙醇提取物饱和和水溶液均能致福寿螺 100% 死亡,但致死时间因植物种的不同以及随提取物浓度的高低有差异,且均比对照化学杀螺剂密达所需的时间(118h)要短,但浓度要高。4 种植物乙醇提取物饱和和水溶液致螺 100% 死亡的时间由短到长的顺序为:五爪金龙 48h,蜆蛄菊 72h,胜红蓟和马缨丹均为 96h。纯水中 96h 后螺的死亡率仅为 4%。50% 饱和溶液的致福寿螺 100% 死亡的时间从短到长分别为:五爪金龙 72h,蜆蛄菊和胜红蓟为 72h,而马缨丹 96h 后螺的死亡率只有 60%。只有胜红蓟 10% 饱和溶液在 96h 后致福寿螺 100% 死亡。

表 1 4 种与福寿螺同源地植物不同浓度乙醇提取物致螺 100% 死亡时间差异

Table 1 Differences of time causing golden snail 100% death with different concentrations ethanol extracts of 4 invasive plants with the same origin area of it

	密达 Meta	五爪金龙 <i>I. cairica</i>			蜆蛄菊 <i>W. trilobata</i>			胜红蓟 <i>A. conyzoids</i>			马缨丹 <i>L. camara</i>		
	0.30 g·L ⁻¹	S	0.50S	0.10S	S	0.50S	0.10S	S	0.50S	0.10S	S	0.50S	0.10S
时(h)	118	48	72	-	72	96	-	96	96	-	96	-	-

S:表示饱和浓度,0.10S,0.50S 分别表示饱和浓度的 10% 和 50%,S indicates saturated concentration of ethanol extracts; 0.10S and 0.50S means 10% and 50% saturated concentration; “-”表示不能致螺 100% 死亡 indicates that cannot kill 100% golden snails

五爪金龙乙醇提取物 3 个不同浓度的水溶液对福寿螺均有较高的致死率,且致死速度快;蜆蛄菊乙醇提取物在 10% 与 50% 饱和和水溶液 48h 前致死率较低,但 72h 至 96h 后致福寿螺死亡率可达 100%,马缨丹乙醇提取物 50% 与 10% 饱水溶液在 96h 后致福寿螺的死亡率分别为 42% 和 35%,而胜红蓟乙醇提取物 10% 饱水溶液致福寿螺死亡率仅为 20%(图 3)。

综合 4 种与福寿螺同源地植物乙醇提取物致福寿螺死亡时间和致死浓度的结果分析表明:4 种植物乙醇提取物杀螺由强到弱的顺序为:五爪金龙、蜆蛄菊、胜红蓟和马缨丹,其毒杀福寿的螺时间比化学农药密达要短,但浓度要高,它们均具有作为植物源杀螺材料的潜力。

3 讨论

3.1 本研究的理论假设

许多入侵植物种在原产地分布并不普遍,竞争性也不强,但一旦进入新的区域后,其竞争力显著增强,并迅速占据广大地域^[20-21]成为入侵种。研究发现,入侵植物对侵入地植物大多具有较强的化感作用,从而获得了竞争优势而成为入侵种,但在原产生由于其与伴生物种长期共存,相互适应,原产地的大多数植物对这种化感作用产生了适应,因而其竞争优势并不明显^[22]。福寿螺在原产地并没有对自然生态和农业植物构成威胁,假设这是其源地植物对其取食产生了化学防御的结果,因此设想与其相同原产地并入侵到华南的植物中具有防治福寿螺潜力。本研究的实验结果显示,福寿螺取食与其同源地的 4 种入侵到华南地区的植物量均很小,4 种植物叶片乙醇提取物对福寿螺均有显著毒杀作用,证明本研究提出的假设正确。入侵植物本身是需要防除的目标,本研究设想利用入侵植物来防治入侵动物福寿螺,可以达到双重防治的效果,与国外学者提出的“敌人的敌人是同盟者”有异曲同工之妙^[23]。是环境和生态友好的措施,值得深入探索。

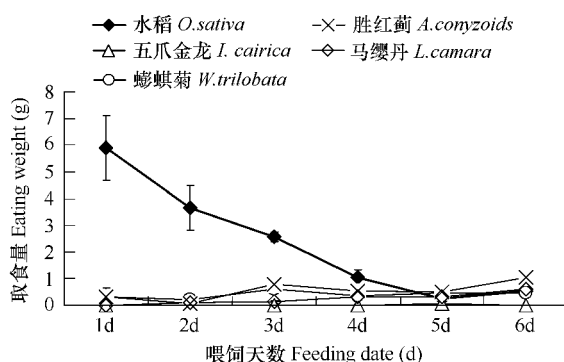


图 2 福寿螺对其 4 种同源地植物和水稻取食量的差异
Fig. 2 Eating quantity differences of golden snail being fed on leaves of 4 invasive plants with the same origin are of it and rice seedling
平均值 ± SE, mean ± SE, n = 3

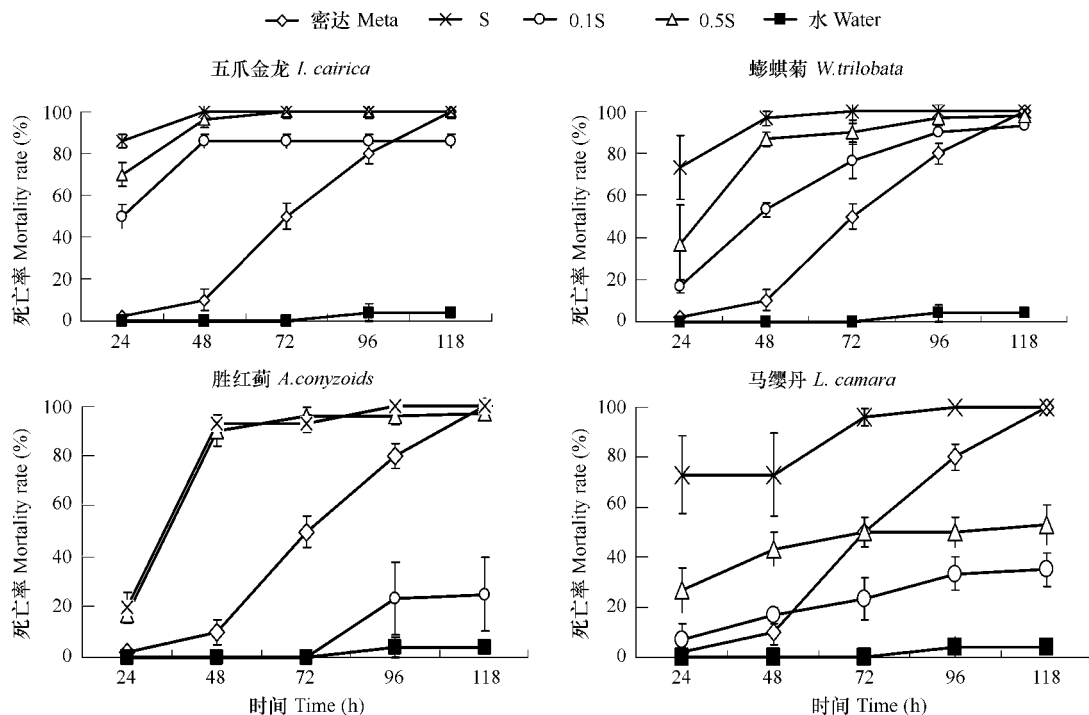


图3 四种与福寿螺同源地植物不同浓度的乙醇提取物对其毒杀效应差异

Fig. 3 Differences of golden snail mortality rate with different concentrations of ethanol extracts of 4 invasive plants with the same origin area of it
S: 表示饱和浓度, 0.10S, 0.50S 分别表示饱和浓度的 10% 和 50%, S indicates saturated concentration of ethanol extracts, 0.10S and 0.50S means 10% and 50% saturated concentration, 平均值 $\pm$ SE, mean $\pm$ SE, $n=3$

事实上,国内外都有利用入侵动物防止入侵植物的尝试,且有利用福寿螺防治入侵植物的报道^[24-27],本研究对与福寿螺同源地的入侵植物毒杀福寿螺的效果进行评价,更具针对性。

3.2 福寿螺在 4 种与其同源地植物间聚集与取食差异机制

福寿螺在 5 种植物材料周围聚集与取食量大小的差异显示,并不是福寿螺在植物叶片周围聚集多其取食量就一定大,例如,福寿螺在蟛蜞菊和马缨丹叶片附近聚集数量比在其取食量较大的水稻幼苗周围的聚集要大;但是,福寿螺在一些植物叶片周围聚集量少,则其取食量一定小,例如,在五爪金龙和胜红蓟叶片周围聚集的福寿螺数量少,其取食量也很小(图 1)。这表明植物中诱导福寿螺聚集的物质与影响其取食的物质可能是不同的,蟛蜞菊可能含有某些具有诱导福寿螺聚集的成分,但五爪金龙和胜红蓟则可能不仅含有拒绝福寿螺聚集的物质,也含有使其拒食的成分。

对蟛蜞菊中具有诱导福寿螺聚集的成分进行分离和鉴定,能为生产中提供有效的福寿螺聚集剂,为集中处理福寿螺提供可能,具有诱人的开发前景。更为重要的是这种研究将有助于揭示植物与软体动物间的化学关系。

3.3 福寿螺严重危害水稻幼苗的原因

饥饿的福寿螺在前 4d 取食水稻的量较大,表明饥饿才是福寿螺危害水稻生产的主要原因(图 2)。在水稻移栽前,一般都需要对稻田进行平整,这个过程中福寿螺没有新鲜的食物来源,极易使福寿螺产生饥饿,因此在插秧后一段时间水稻苗是唯一可供其取食的新鲜植物,而此时福寿螺取食会对水稻生长造成极大的损害,甚至死亡^[28]。

福寿螺在饥饿(不喂饲)4d 后也少量取食胜红蓟、蟛蜞菊和马缨丹表明,福寿螺在饥饿状态下也可取食一些对其有害的植物。这种取食的结果是导致大部分福寿螺的个体死亡,但也有少量的个体在获得其喜食的植物后,仍能正常取食,一旦食物充足,这些存活的福寿螺又将大量繁殖,这也是福寿螺不易根除的原因之一。

3.4 与福寿螺同源地 4 种植物开发潜力

综合 4 种植物乙醇提取物杀螺率和起效时间可以得出它们控制福寿螺由强到弱的顺序为:五爪金龙、蟛蜞菊、胜红蓟和马缨丹(表 1,图 3)。虽然它们均可用作开发植物源杀螺剂材料,但五爪金龙是目前最有可能实际运用的材料。虽有报道^[20]五爪金龙具有化感抑制作用,但从盆栽和初步的田间实验结果来看,在一定的浓度内五爪金龙提取物对水稻的生长还有促进作用,因此,用五爪金龙控制稻田福寿螺不会对水稻生长产生不利的影响。另一方面,由于五爪金龙本身是对自然群落有害的入侵生物,生物量大,叶量多且嫩,便于采集,在华南地区终年生长,取材不受限制,不会出现资源不足的现象,采集五爪金龙不会对生态环境造成不利的影响。因此,五爪金龙在防控福寿螺方面极具研究价值。其毒杀福寿螺的有效成分和毒理机制是进一步研究的重点。

应该指出的是,虽然国内外对福寿螺在入侵地所表现出来的一些特性进行了初步研究^[29~31],但要对其有效的防除,这方面的研究仍需加强。

References:

- [1] Cai H X, Chen R Z. A new harmful biology- *Ampullaria gigas* Spix. Guangdong Agricultural Sciences, 1990, (5):36—38.
- [2] Fong W M. Biological characters of *Ampullaria gigas* Spix and its managements. Guangdong Agricultural Sciences, 1994, (6):41—42.
- [3] Weng L Q, Chen Y X. Biological characters, harms and actualities of management of *Ampullaria gigas* Spix in Jiaobai field. Journal Agricultural Sciences, 2006, (1): 96—97.
- [4] Yu X P, He T J, Li Z F, *et al.* The happen and management of *Ampullaria gigas* Spix in rice field, Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2001, 3(5): 247—252.
- [5] Chen J M, Yu X P, Zheng X S, *et al.* Biological characteristics of golden apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck) in Jiaobai field and its integrated managements strategies, Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2003, 15(3):154—160.
- [6] Qian D L, Zheng Y L. The identification and management of *Ampullaria gigas* Spix. China Vegetables, 2006, (10):50—51.
- [7] Fu C H, Zheng C L, Liu B F. Technological reserach about using *Trionyx sinensis* (Wiegmann) to manage *Ampullaria gigas* Spix in the Jiaobai field. China Vegetables, 2006, (7):28—29.
- [8] Carlsson N O L, Br nmark C. Size-dependent effects of an invasive herbivorous snail (*Pomacea canaliculata*) on macrophytes and periphyton in Asian wetlands. Freshwater Biology, 2006, 51(4):695—704.
- [9] Schnorrbach H J. The golden apple snail (*Pomacea canaliculata* Lamarck), an increasing important pest in rice, and methods of control with bayluscids. Pflanzenschutz-Nachr Bayer, 1995, (48):313—346.
- [10] Li C L, Wen S H. Test on efficiency of big apple snail with clonitralide. Journal of South China Agriculture University, 1995, 15(3):61—64.
- [11] Li R K, Zeng Z X, Huang Z A, *et al* Test on control of *Ampullaria gigas* Spix in rice yield with Luodi. Guangdong Agricultural Sciences, 2002, (3):37—38.
- [12] Luo Y, Zeng X N, Ju J H, *et al.* Molluscidal activity of the methanol extracts of 40 species of plants. Plant Protection, 2005, 31(1):31—34.
- [13] Wang X Y, Huang B Q. Medical efficiency of Tea sarpomine to *Ampullaria gigas* Spix. Guangdong Agricultural Sciences, 1998, (3): 32—35.
- [14] Carlsson N O L, Kestrup M rtensson M, Nystr m P. Lethal and non-lethal effects of multiple indigenous predators on the invasive golden apple snail (*Pomacea canaliculata*). Freshwater Biology, 2004, 49(10):1269—1279.
- [15] Hirai Y. Apple snail in Japan the present status and management. JARQ Japan, 1988, 22(1): 161—165.
- [16] Sanico A L, Peng S, Laza R C, *et al.* Effect of seedling age and seedling number per hill on snail damage in irrigated rice. Crop Protection, 2002, 21:137—143.
- [17] Teo S S. Evaluation of different duck varieties for the control of the golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) in transplanted and direct seeded rice. Crop Protection, 2001, 20(7):599—604.
- [18] Liang Y Y. An Alien plant, *Ipomoea cairica*'s invading Baiyun mountain of Guangzhou result in death of plants. Southern Metropolis Daily, 2006. 7. 19
- [19] Santos J A. Tomassini T C B, Xavier D C D. Mloouscicidal activity of *Physalis angulata* L. extracts and fractions on *Biomphalaria tenagophila* (d' orbigny, 1835) under laboratory conditions. Mem Inst Oswaldo, 2003, 98(3):524—428.
- [20] Wang P, Liang W J, Kong C H, *et al.* Chemical mechanism of exotic weed invasion, Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15 (4):707—711.

- [21] Shi G R, Ma C C. Biological characteristics of alien plants successful invasion, Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 17(4):727—732.
- [22] Callaway R M, Aschehoug E T. Invasive plants versus their new and old neighbors: a mechanism for exotic invasion. Science, 2000, 290(5491): 521—523.
- [23] Sabelis M W, Janssen A, Kant M R. Enhanced: the enemy of my enemy is my ally. Science, 2001, 291(5511): 2104—2105.
- [24] Carlsson N O L, Lacoursie're J O. Herbivory on aquatic vascular plants by the introduced golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) in Lao PDR. Biological Invasions, 2005, 7(1):233—241.
- [25] Zhou W Z, Qin P, Zhang L, et al. Study on aquatic true bugs of five kinds of waters in suburban of Jingzhou town. Hubei Agricultural Sciences, 2006, 45(5):659—661.
- [26] Lach L, Britton D K, Rundell R J, et al. Food preference and reproductive plasticity in an invasive freshwater snails. Biological Invasions, 2000, 2(1):279—288.
- [27] Yusa Y, Wada T. Impact of the introduction of apple snails and their control in Japan, Nega. The ICLARM Quarterly, 1999, 22(3):9—13.
- [28] Wada T. Introduction of the apple snail *Pomacea canaliculata* and its impact on rice agriculture, Hokyo N. Noton G Proceeding of the International Workshop on Biological Invasions of Ecosystem. Tsukuba, Japan: National Institute of Agro-environmental Sciences, 1997, 170—180.
- [29] Zhou W C, Wu Y F, Yang J Q. Viability of the *Ampullaria* snail in China. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2006, 18(1):25—28.
- [30] Teo S S. Evaluation of different species of fish for biological control of golden apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) in rice. Crop Protection, 2006, 25(9):1004—1012.
- [31] Wu D C, Yu J Z, Chen B H, et al. Inhibition of egg hatching with apple wax solvent as a novel method for controlling golden apple snail (*Pomacea canaliculata*). Crop Protection, 2005, 24(5): 483—486.

参考文献:

- [1] 蔡汉雄,陈日中. 新的有害生物——大瓶螺. 广东农业科学, 1990, (5):36~38.
- [2] 冯伟明. 福寿螺的生物学特性及防治措施. 广东农业科学, 1994, (6):41~42.
- [3] 翁丽青,陈亚雄. 茭白田福寿螺生物学特性、危害及防治现状. 浙江农业科学, 2006, (1):96~97.
- [4] 俞晓平,和田节,李中方,等. 稻田福寿螺的发生和治理. 浙江农业学报, 2001, 3(5):247~252.
- [5] 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. 浙江农业学报, 2003, 15(3):154~160.
- [6] 钱冬兰,郑永利. 福寿螺的识别与防治. 中国蔬菜, 2006, (10):50~51.
- [7] 符长焕,郑春龙,刘宝法. 茭白甲鱼共生防治福寿螺技术研究. 中国蔬菜, 2006, (7):28~29.
- [10] 李承龄,温三鸿. 贝螺杀对大瓶螺的药效试验. 华南农业大学学报, 1995, 15(3):61~64.
- [11] 李人柯,曾专雄,黄长安,等. 螺敌防治水稻福寿螺药效试验. 广东农业科学, 2002, (3):37~38.
- [12] 骆悦,曾鑫年,居建华,等. 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.
- [13] 王小艺,黄炳球. 茶皂素对福寿螺的药效试验. 广东农业科学, 1998, (3):32~35.
- [18] 梁艳燕. 外来五爪金龙入侵广州白云山可致植物枯死. 南方都市报, 2006. 7. 19
- [20] 王朋,梁文举,孔垂华,等. 外来杂草入侵的化学机制. 应用生态学报, 2004, 15(4):707~711.
- [21] 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, 2004, 17(4):727~732.
- [25] 周文宗,钦佩,张璐,高红莉. 福寿螺和克氏原螯虾摄食水花生和水浮莲初探. 湖北农业科学, 2006, 45(5):659~661.
- [29] 周卫川,吴宇芬,杨佳琪. 福寿螺在中国的适生性研究. 福建农业学报, 2006, 18(1):25~28.